

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____В.А. Кулагин
«_____» _____2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение эффективности сжигания нефтесодержащих отходов»

13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

13.04.01.01 «Энергетика теплотехнологий»

Научный руководитель: _____ д.т.н., профессор
подпись, дата

Т.А. Кулагина

Студент _____
подпись, дата

Е.Н. Зайцева

Рецензент: _____ к.т.н, доцент
подпись, дата

Е.П. Грищенко

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.А. Кулагин
«_____» _____ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту Зайцевой Елене Николаевне

Группа ФЭ15-01МГИА

Направление (специальность) 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» программа 13.04.01.01 «Энергетика теплотехнологий»

Тема выпускной квалификационной работы: «Повышение эффективности сжигания нефтесодержащих отходов»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Т.А. Кулагина доктор техн. наук, профессор кафедры «ИЭиБЖД» ПИ СФУ

Исходные данные для ВКР: справочная литература; учебная литература.

Перечень разделов ВКР:

- 1 Общие сведения о нефтесодержащих отходах
- 2 Способы и методы обезвреживания нефтесодержащих отходов
- 3 Установки для сжигания нефтесодержащих отходов
- 4 Исследование параметров работы установки УЗГ-1М
- 5 Передовые комплексы и установки по утилизации нефтесодержащих отходов

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов:

Слайд 1 – Титульный

Слайд 2 – Актуальность

Слайд 3 – Задачи исследования

Слайд 4 – Потенциальные воздействия на окружающую среду установок для сжигания отходов

Слайд 5-6 – Установки термического обезвреживания

Слайд 7 – Установка Форсаж-2М

Слайд 8 – Результаты расчета рассеивания

Слайд 9-12 – Исследование параметров работы установки УЗГ-1М

Слайд 13 – Рекомендованное техническое решение для утилизации теплоты уходящих дымовых газов

Слайд 14 – Ожидаемые результаты модернизации

Научный руководитель

подпись, дата

Т.А.Кулагина

Задание принял к исполнению

подпись, дата

Е.Н.Зайцева

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Сроки выполнения
Литературный обзор ранее использованных или предложенных способов утилизации нефтесодержащих отходов.	10.10.2015 – 10.12.2015
Продолжение исследования литературы, патентов, книг и статей по способам обезвреживания нефтесодержащих отходов.	12.01.2016 – 12.05.2016
Исследование рентгенографическим анализом образцов твердых отходов из барабана установки.	16.10.2016 – 12.12.2016
Расчет теплопередачи через металлическую стенку от нагретых газов к нефтешламам.	12.01.2017 – 17.03.2017
Оформление пояснительной записки.	20.04.2017 – 12.05.2018
Оформление иллюстративного материала в виде слайдов, доклада.	17.05.2018 – 10.06.2018

Научный руководитель

подпись, дата

Т.А. Кулагина

Задание принял к исполнению

подпись, дата

Е.Н. Зайцева

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Повышение эффективности сжигания нефтесодержащих отходов» содержит 74 страницы текстового документа, 9 таблиц, 16 рисунков, 12 использованных источников, 15 слайдов.

НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ, ТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ, ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ТЕРМОГРАММЫ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ, ВТОРИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.

Целью исследования является разработка мероприятий повышения эффективности сжигания нефтесодержащих отходов при термическом воздействии.

Задачи исследования:

- сбор данных по термическим методам переработки нефтесодержащих отходов;
- оценка, выводы по полученным результатам;
- исследование характеристик работы установки Форсаж-2М;
- исследование условий и параметров работы установки УЗГ-1М;
- разработка мероприятий для повышения эффективности сжигания нефтесодержащих отходов.

В результате выполненных исследований проведен анализ имеющихся способов, технологий и установок для обезвреживания углеродсодержащих отходов; оценены их достоинства и недостатки; изучены показатели работы типичных сжигающих установок на базовой кафедре «Техносферная безопасность»; разработаны рекомендации по повышению эффективности сжигания нефтесодержащих отходов за счет использования температуры уходящих дымовых газов; предложена конструкция теплообменника в виде короба на загрузочное устройство.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Общие сведения о нефтесодержащих отходах	11
2 Способы и методы обезвреживания нефтесодержащих отходов	14
2.1 Способы обезвреживания пастообразных и твердых нефтеотходов ...	15
2.2 Термическое обезвреживание углеродсодержащих отходов	20
3 Установки для сжигания нефтесодержащих отходов	22
3.1 Утилизация замазученных грунтов с использованием установки	
УЗГ-1М	22
3.1.1 Назначение комплекса	22
3.1.2 Комплектность установки	24
3.1.3 Принцип работы	24
3.1.4 Технические характеристики	26
3.2 Установка ТДУ Фактор-2000.....	27
3.2.1 Назначение установки	27
3.2.2 Технические характеристики	28
3.2.3 Состав установки	29
3.2.4 Принцип работы установки ТДУ Фактор-2000.....	30
3.3 Сравнительный анализ установок ТДУ Фактор – 2000 и УЗГ -1М.....	33
3.4 Установка Форсаж-2М.....	35
3.4.1 Назначение установки.....	35
3.4.2 Принцип работы Форсаж-2М.....	37
3.4.3 Исследование параметров работы установки Форсаж-2М.....	39
3.4.4 Улучшение характеристик работы установок огневого	
обезвреживания отходов.....	40
4 Исследование параметров работы установки УЗГ-1М.....	42
4.1 Газообразные выбросы установки.....	42
4.2 Твердые отходы утилизации.....	49
4.3 Улучшение процесса сжигания за счет использования теплоты	
уходящих газов.....	52
4.4 Расчет теплопередачи через металлическую стенку от нагретых	
газов к нефтешламам.....	57
5 Передовые комплексы и установки по утилизации нефтесодержащих	
отходов.....	61

5.1 Назначение комплекса по переработке нефтешлама «Альфа Лаваль»..	61
5.2 Состав сооружений, технические характеристики.....	62
5.3 Описание технологической схемы.....	64
5.4 Нормы технологического режима.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Окружающая среда испытывает колоссальную материальную и энергетическую нагрузки в связи с интенсивным развитием процессов переработки нефти. Объекты нефтедобычи по степени воздействия являются лидерами во многих регионах Российской Федерации.

Россия занимает лидирующее место по количественным показателям добычи и переработки нефтепродуктов (углеводородное топливо в нашей стране превалирует над всеми другими видами источников энергии). В связи с этим образуется большое количество нефтяных отходов, нефтешламов, требующих утилизации. 3 – 7 % продуктов нефти теряется в виде загрязнений на всех стадиях технологического процесса и потребления или накапливается в качестве отходов и шламов.

Первостепенной является проблема, связанная с местами несанкционированного хранения нефтесодержащих отходов, технологическими проливами, шламовыми амбарами и пр. При отсутствии и нехватке специализированных полигонов и недостаточности эффективного оборудования для переработки нефтешламов, промышленным объектам приходится временно накапливать и хранить их на своей территории, что неизбежно приводит к плате за негативное воздействие на окружающую среду [11].

Имеющиеся способы утилизации нефтешламов разнообразны – физико–химические, термические, механические, биохимические, комбинированные. Однако ни один из них не является экономически удовлетворительным. Механические методы (центрифугирование) и физико-химические (барабанная сепарация, флотация) энергозатратны. Биохимические методы нуждаются в постоянном контроле.

Высоко температурные способы включают в себя непосредственно сжигание и пиролиз, но требуется организация эффективной системы газоочистки, поскольку при высоких температурах образуются загрязняющие вещества, в том числе оксиды тяжелых металлов.

Углеродсодержащие отходы – нефтешламы, буровые шламы, грунты, содержащие нефтепродукты, отработанные масла – образуются в результате разливов нефти на различного рода поверхностях, зачистки резервуаров, при технологических операциях в процессе бурения скважин, добыче, переработке, транспортировке нефти и нефтепродуктов, сосредотачиваются в шламовых амбарах на промыслах. Нефтеотход представляет собой смесь отработанных

буровых растворов, горных пород, глины, цемента, воды, нефти и нефтепродуктов, мусора.

Нефтяные шламы по составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и минеральной части (песок, глина, ил и т.д.), соотношение которых колеблется в очень широких пределах. Состав шламов может существенно различаться, т.к. зависит от типа и глубины перерабатываемого сырья, схем переработки, оборудования, типа коагулянта и др. В основном, шламы представляют собой тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем (по массе) 10 – 56% нефтепродуктов, 30 – 85% воды, 1,3 – 46% твердых примесей. В одном шламовом амбаре могут находиться совершенно непохожие шламы, что сильно усложняет задачу по созданию «универсальной» технологии переработки, т.е. подходящей для самых разнообразных нефтеотходов.

Проблема утилизации утерянных и технологически образующихся нефтесодержащих отходов (сборных нефтяных шламов, отработанных промышленных, смазочных и моторных масел, эмульсолов СОЖ, и др.) остро стоит во всем мире. Углеводородсодержащие отходы значительно загрязняют окружающую среду ввиду их слабого естественного метаболизма (окисления, фотохимических реакций, биоразложения). Прием на полигоны жидких промышленных отходов затруднителен и предприятия вынуждены нести значительные расходы на их хранение. Сжигание – самая распространенная форма уничтожения отработанных нефтепродуктов, однако, приводит к вторичному загрязнению атмосферы и почв, т.к. сопровождается выбросом диоксидов серы и азота, сажи и других канцерогенов. В связи с этим во многих странах сжигание разрешено только при условии предварительной очистки нефтесодержащих отходов от экологически вредных примесей [4].

Очевидно, что при условии предварительного отделения углеводородной фазы от воды и механических примесей, нефтесодержащие отходы будут являться ценнейшим углеводородным сырьем. В результате неликвидные нефтесодержащие отходы из объекта штрафных санкций могут стать

источником стабильных доходов для перерабатывающего предприятия. Наиболее перспективным решением является вовлечение в переработку углеводородного концентрата, выделенного из нефтесодержащих отходов, с получением светлых моторных топлив и остаточных дорожных битумов.

1 Общие сведения о нефтесодержащих отходах

Поскольку масштабы использования нефти постоянно растут, наиболее остро встают вопросы, связанные с влиянием нефтяных производств на экологическую ситуацию в различных регионах.

В результате работы промышленных предприятий происходит загрязнение грунтов и подземных вод. На типовом предприятии, за сутки перерабатывающем до 15 тыс. тонн нефти, выделяется около 25-30 тонн твердых солей и твердых механических примесей в виде нефтешламов. Состав этих отходов содержит до 30% углеводов (нефть и нефтепродукты) и до 30-50% воды. Таким образом, нефтеперерабатывающий завод в сутки «образует» более 100 тонн твердых и пастообразных нефтесодержащих пожароопасных отходов. Физический и моральный износ технического оборудования, отсутствие надлежащего ведомственного контроля за его состоянием, а также нехватка обслуживающего персонала и его низкая квалификация приводят к росту числа аварий. Согласно официальным данным, в настоящее время в России нуждается в рекультивации более одного млн. га земель, пострадавших от различного типа загрязнений. Абсолютное большинство аварийных разливов нефти вызывают сильные и во многом необратимые повреждения природных комплексов.

Нефть, проникая в глубокие слои почвы, вплоть до грунтовых вод, аккумулирует высокомолекулярные компоненты нефти, содержащие смолисто-асфальтеновые вещества и циклические соединения. Метановые углеводороды, смолы и асфальтены плохо разлагаются, ухудшают водно-физические свойства почв. Наиболее подвижные легкие фракции могут проникать до грунтовых вод, значительная часть которых разлагается и испаряется в течение года.

Необратимые изменения – морфологии, физических и химических свойств напрямую связаны с загрязнением почв углеводородами нефти. Так, например, при загрязнении почв техногенными углеводородами в первую очередь изменяются морфологические свойства: окраска и сложение. Стирание черт естественного профиля сопровождается появлением интенсивного черного цвета, образованием битуминозной корки на поверхности, уплотнением сложения. Все это неизбежно вызывает снижение и даже полную утрату почвенного плодородия, приводит к изменению экологических функций почв, что сопровождается снижением биоразнообразия. Кроме того, углеводороды

нефти способны образовывать в процессе трансформации токсичные соединения, обладающие канцерогенными, тератогенными и мутагенными свойствами, стойкостью к микробиологическому расщеплению и способностью переходить в растения, что значительно снижает качество возделываемых культур и создает угрозу для здоровья человека и животных.

Опасность нефтяного загрязнения связана с высокой токсичностью и миграционной способностью отдельных компонентов нефти. Имеющаяся на загрязненных территориях деградация почв позволяет ученым отнести их к районам экологического бедствия, поэтому проблема рекультивации загрязненных нефтью почв приобретает исключительное значение.

Нефтедобыча представляет собой процесс бурения скважин, сопровождающийся образованием большого количества отходов, содержащих включения нефтепродуктов и механических примесей, и тем самым представляющих опасность для окружающей среды.

Нефтесодержащие шламы образуются при хранении нефти в резервуарах, при работе нефтедобывающего оборудования за счет осаждения на внутренней поверхности труб, резервуаров и оборудования тяжелых асфальто-смолистых парафиновых отложений. В основном нефтяные шламы, мешающие нормальной работе трубопроводов и оборудования, извлекаются при проведении профилактических, планово-ремонтных работ, а также с мест разлива нефтесодержащей жидкости [2].

Накопление нефтешламов, как правило, осуществляется на специально отведенных для этого площадках или в бункерах без какой-либо сортировки или классификации. В шламонакопителях происходят естественные процессы – накопление атмосферных осадков, развитие микроорганизмов, протекание окислительных и других процессов, т.е. идет самовосстановление, однако в связи с наличием большого количества солей и нефтепродуктов при общем недостатке кислорода процесс самовосстановления протекает десятки лет. Состав нефтяного шлама, хранящегося в шламонакопителях в течение нескольких лет, отличается от состава свежего. Нефтяной шлам, образующийся

в резервуарах для хранения нефтепродуктов, по составу и свойствам также отличается от нефтяного шлама очистных сооружений.

2 Способы и методы обезвреживания нефтесодержащих отходов

Промышленные отходы, содержащие нефть и шламы, составляют значительную группу отходов, в которую входят: отходы безреагентной обработки нефтесодержащих сточных вод; отходы технологических процессов,

связанных с производством и применением легковоспламеняющихся жидкостей и продуктов на их основе. Значительная часть жидких нефтесодержащих отходов регенерируется с получением нефтепродуктов или с возвращением в производственный цикл.

Компонентный состав нефтешламов по содержанию в них нефтепродуктов, воды и механических примесей многообразен и зависит от способов образования данных отходов и их хранения. При хранении в нефтешламонакопителях происходит их расслоение на верхнюю, в основном, нефтяную, среднюю, включающую нефтепродукты, воду и механические примеси, и нижнюю фракцию, содержащую тяжелые нефтепродукты, асфальтены, смолы, механические примеси и воду (или твердая фаза). Именно для твердой фазы нефтешламов требуется разработка методов обезвреживания.

Термическая утилизация нефтешламов, при их значительных объемах образования, требует строительства и эксплуатации специальных установок. В то же время, из-за высокой стоимости установок это нецелесообразно на территории, где количество таких отходов относительно небольшое и образуются они периодически. Стоит учитывать, что нефтешламы являются ограниченно горючими материалами, а твердая фаза, вообще не подвержена самостоятельному горению. Поэтому их обезвреживание путем сжигания возможно при смешении с топливом или другими отходами. В период 1994-2000 гг, было предложено и осуществлено обезвреживание около 700 тонн твердой фракции нефтешламов из нефтешламонакопителей предприятия «Севернефтесервис» (Архангельская нефтебаза) и локомотивного депо Няндомы Северной железной дороги. На ТЭС АО «Архангельский гидролизный завод» производилось совместное сжигание с каменным углем и отходом производства – гидролизным лигнином. Выполненные работы показали, что возникают некоторые технические затруднения, связанные с перевозкой нефтешлама из накопителей к месту обезвреживания и загрязнением транспортеров подачи твердого топлива, смешанного с нефтешламом, в котел. В тоже время было доказано, что термическое обезвреживание твердой

фракции нефтешлама является наиболее рациональным, обоснованным и безопасным для окружающей среды Архангельского промышленного узла [3].

2.1 Способы обезвреживания пастообразных и твердых нефтеотходов

Существующая практика по захоронению полужидкой массы и не текучего осадка непосредственно в шламовых амбарах после предварительного подсыхания их содержимого, не предотвращает загрязнения природной среды, так как содержащиеся в твердых шламах углеводороды, вследствие подвижности и высокой проникающей способности, мигрируют в почвогрунты, вызывая в них процессы, опасные для окружающей среды. Трудности в переработке представляют собой как раз твердые, пастообразные, застарелые шламы (типичный пример – амбарные нефтешламы) [5].

К твердым и пастообразным шламам применяются следующие методы:

- термический;
- физический;
- химический;
- биологический.

Не всегда экономически рентабельными, но наиболее эффективными, считаются термические методы обезвреживания шламов – это сжигание, газификация и пиролиз. Сжигание – наиболее отработанный и используемый способ, который осуществляется в печах различных конструкций при температурах не менее 1200°C. Газы, которые образуются при сгорании органической части отходов, необходимо очищать от диоксида углерода, оксидов азота и серы, аэрозолей, оксида углерода, полиароматических углеводородов и диоксинов. Зола, которая накапливается в нижней части печи, периодически утилизируется на полигоне (захоранивается), или используется в производстве цемента. Обычно сжигание проводят в камерных, барботажных, с кипящим слоем или вращающихся печах. Недостаток этого способа в том, что углеводороды, входящие в состав нефтяного шлама, при сжигании выделяют

значительное количество продуктов сгорания, большинство из которых токсично. Сжигание идет с поглощением большого количества тепла и осложняется высоким содержанием твердой фазы (песка, глины и др.).

Менее распространенными являются газификация и пиролиз. В основе механических процессов очистки лежат перемешивание и физическое разделение. Для этого применяются различные диспергаторы, сепараторы, центрифуги, фильтры, гидроциклоны. Физические методы неприменимы к шламам, если в их составе преобладают нелетучие и плотные смолы и асфальтены. В этих случаях необходима подготовка, например, разбавление. Кроме того, шлам вызывает сильную эрозию, что требует применения аппаратов из специальных марок сталей; необходимо применять оборудование во взрывобезопасном исполнении.

Методы биологической очистки основаны на способности микроорганизмов использовать органические вещества для питания в процессе жизнедеятельности, т.к. эти вещества для них являются источником углерода. С помощью почвенных бактерий происходит разложение углеводородной части нефтесодержащих остатков при нанесении и запаховании их в пахотный слой почвы. Применение биопрепаратов способствует наиболее полной очистке нефтешламов. После проведения детоксикации обезвреженные отходы используются в качестве подсыпки на производственной территории.

К химическим методам относятся нейтрализация, химическое осаждение, химическое отверждение, экстракция, литификация, химическое (реагентное) капсулирование и другие. Химическая нейтрализация в зависимости от типа реагента происходит путём осаждения, окисления-восстановления, замещения или комплексообразования.

Химическое осаждение – технология применима для объектов с различным химико-минеральным составом и проницаемостью. После химической обработки реагентами (известь, сульфат натрия, оксиды железа) в породе фиксируется более 90% тяжелых металлов.

Эффективность очистки зависит от реакционной способности реагента и экотоксиканта. Водный реагентный раствор смешивают с грунтом и перемешивают, в результате получается гидрофобный порошок. Преимущество технологии - в разрушении хлорорганических соединений и углеводов и фиксации тяжелых металлов. Получаемый при обработке гидрофобный продукт может использоваться в качестве строительного материала для создания дорожных покрытий.

Химическое отверждение – технология получения порошкового гидрофобного материала в результате смешения с реагентом на основе извести нефтесодержащих отходов, лаков, красок, смол. В общем виде установка для химического отверждения состоит из бункера для отходов, реактора-смесителя, емкости для реагента, дозатора и шнекового транспортера.

Общий недостаток реагентных технологий - это зависимость степени обезвреживания от эффективности перемешивания и чистоты реагента. Образующийся порошок не обладает абсолютными гидрофобными свойствами, и при попадании в поровое пространство воды аборигенная микрофлора постепенно разлагает органические вещества, входящие в состав порошка, что приводит к вторичному загрязнению окружающей природной среды. Для предотвращения этого процесса в состав отверждающей композиции вводятся различные сорбенты: портландцемент; бентонит, торф, известь, песок, гипс и т.д.

Экстракция – метод извлечения вещества из раствора или сухой смеси с помощью подходящего растворителя (экстрагента). Экстракция для извлечения нефтяного компонента, основана на селективной растворимости нефтепродуктов в органических растворителях. Продолжительность химической очистки резервуаров от донных отложений по этой технологии составляет обычно 3-4 недели. Уменьшение затрат на проведение химической очистки по сравнению с очисткой механическими методами достигается в результате отказа от мешалок и других устройств. Степень извлечения углеводов при химической очистке составляет до 99%.

Литификация - один из способов обезвреживания нефтесодержащих отходов разного типа. В отечественной и зарубежной практике бурения и переработки нефти разработана серия технологий, базирующихся на применении отверждающих составов, для приготовления которых используется портландцемент, фосфогипс, карбидная смола, лигнин, магнезиальный цемент, бишофит, асбест, жидкое стекло. При совмещении отходов с гидролизрованными дисперсными минеральными добавками происходит хемосорбционное поглощение загрязнителей коллоидно-дисперсной минеральной матрицей. Согласно принципу тормозящего противодействия минеральная матрица стремится восстановить свое исходное химически и термодинамически равновесное состояние, что и реализуется искусственно спровоцированным минералообразованием. В этот процесс самопроизвольно вовлекаются все виды химически активных загрязнителей. Интенсивность и скорость процессов литификации с помощью добавок различных реагентов, что в результате позволяет получить широкий спектр характеристик получаемого экологически безопасного материала. Состав литифицирующих смесей разрабатывается в лабораторных условиях индивидуально в зависимости от типа отходов. Достоинством технологии помимо экономической и экологической эффективности является возможность переработки переувлажненных нефтяных шламов без предварительного обезвоживания последних.

Химическое (реагентное) капсулирование. Сущность метода химического капсулирования заключается в химико-механическом преобразовании загрязняющего материала, загрязненного грунта, почв, шлама в порошкообразный нейтральный для внешней среды материал, каждая частица которого покрыта гидрофобной оболочкой. Содержащиеся в капсуле углеводороды не могут загрязнять окружающую среду благодаря высокой прочности и герметичности капсулы. Заполненные жидкими углеводородами микропоры оболочки капсулы способствуют гидрофобизации ее поверхности и многократно снижают смачиваемость частиц, воздействие на них водной

среды, в том числе грунтовых вод, кислотных дождей, повышают стойкость к циклическому промерзанию. Возможность перехода содержимого капсулы в водный раствор снижается на несколько порядков. Со временем (в течение 1-3 месяцев) вследствие продолжающейся карбонизации поверхности капсулы прочность оболочки существенно возрастает. Капсулированный материал выдерживает объемное давление до 5 МПа без заметного разрушения, многократное циклическое замораживание, воздействие слабокислой среды. Эффективность работ по нейтрализации нефтеотходов определяется соответствием используемых технических средств и режимов обработки материалов, их химическому и фракционному составу, объему и другим факторам. В зависимости от объемов нефтеотходов, условий на объекте утилизации, могут использоваться различные технологические схемы [100].

Главные преимущества метода реагентного капсулирования по сравнению с другими способами обезвреживания нефтеотходов: отсутствие необходимости определения химического состава и свойств продукта на входе и выходе и проведения повторных циклов (характерно для физико-химического отмыва); отсутствие побочных продуктов - золы (характерно для сжигания); ликвидация микроорганизмов, запаха; возможность переработки отходов непосредственно у места их хранения; применимость ко многим видам отходов (в частности, к осадкам сточных вод); получение товарной продукции на выходе. Кроме того, применение этой технологии позволяет перерабатывать большие объемы отходов нефтяной промышленности с их превращением в востребованный товарный продукт. При обезвреживании нефтеотходов этим методом возможность утилизации другого накопленного отхода – золы уноса ТЭЦ, применяемой в качестве одного из реагентов.

2.2 Термическое обезвреживание углеродсодержащих отходов

Цель термической обработки – ликвидация загрязнения окружающей среды отходами и обеспечение общего снижения негативного воздействия

путем сокращения их объема и уменьшения степени опасности с одновременным улавливанием, концентрированием и разрушением опасных веществ. Широкое распространение получил метод термического обезвреживания углеродсодержащих отходов, позволяющий перерабатывать отходы без предварительной подготовки и получать экологически менее опасный продукт – золу, которая, как правило, подлежит дальнейшему захоронению как обезвреженный материал. Однако, в процессе эксплуатации установок для сжигания отходов возможно вторичное загрязнение окружающей среды за счет образования продуктов неполного сгорания. Кроме того, технология энергозатратна, особенно при переработке шламов с высокой влажностью [1].

В целом, к потенциальным воздействиям установок для сжигания отходов на окружающую среду относятся общие технологические выбросы в атмосферу и воду, включая запах, образование технологических остатков отходов, технологический шум и вибрация, потребление и производство энергии, потребление сырья (реагентов), а также неорганизованные выбросы, главным образом, в результате хранения отходов. Существенное влияние на окружающую среду в процессе утилизации оказывают транспортировка поступающих отходов и исходящих остаточных продуктов и всесторонняя предварительная обработка.

По своей сути, сжигание отходов является окислением органических веществ, входящих в состав отходов. Углеродсодержащие отходы представляют собой неоднородные многокомпонентные системы, состоящие из углеводородов различного строения, минеральных компонентов, металлов и воды. Процессы сжигания отходов могут обеспечивать регенерацию энергии, минералов и химических составляющих отходов. Во время сжигания образуются газообразные продукты сгорания, тепловая энергия которых может быть использована в качестве вторичного энергоресурса. Органические вещества, содержащиеся в отходах, горят при достижении необходимой температуры возгорания при контакте с кислородом. Фактический процесс

горения происходит в газообразной фазе за доли секунды с одновременным выделением энергии. В случаях достаточной теплоты сгорания отходов и снабжения кислородом, данный процесс сопровождается термической цепной реакцией, и происходит самоподдерживающееся горение, т.е. достигается значительная экономия топлива.

В технологиях по сжиганию отходов постоянно происходят изменения вследствие быстрого технологического развития. Усовершенствования технологических процессов направлены на уменьшение стоимости и улучшение экологических показателей.

3 Установки для сжигания нефтесодержащих отходов

3.1 Утилизация замазученных грунтов с использованием установки УЗГ-1М

3.1.1 Назначение комплекса

Установка УЗГ-1М на рисунке 1 и рисунке 2, предназначена для утилизации и переработки замазученных грунтов и твердых отходов, образующихся при проведении работ связанных с ликвидацией аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.



Рисунок 1 – Установка УЗГ-1М

Комплекс обеспечивает утилизацию сильнозагрязненных грунтов при степени загрязнения от 2% до 6%. В случаях, когда загрязнения от 6% и выше, для доведения их до требуемого уровня необходимо в отходы в соответствующих пропорциях подмешивать песок, опилки или отработанный

после установки грунт. Слишком вязкий или липкий грунт может негативно отразиться на работе загрузочного устройства.

Переработка отходов происходит при температуре до 800-900°C, оптимальный режим 600-700°C.

Применение в установке устройства обработки отходящих газов позволяет максимально снизить выбросы вредных веществ по сравнению с утилизацией открытым сжиганием и применяемыми установками утилизации методом выжигания.



Рисунок 2 – Установка УЗГ-1М

Не допускается утилизировать в установке продукты, которые выделяют ядовитые вещества или состав которых известен, а так же отходы с большим содержанием легкофракционных нефтепродуктов (бензины, растворители и другие подобные продукты). Такие отходы должны утилизироваться в установленном законодательством порядке.

Установка работает от промышленной сети переменного тока с номинальным напряжением 380В, частотой 50Гц и может использоваться в полевых условиях с питанием от промышленной сети.

Вторая ступень очистки позволяет снижать содержание оксидов и диоксидов серы и азота в отходящих газах при переработке грунтов с повышенным содержанием сернистых соединений в остатках нефтепродуктов.

3.1.2 Комплектность установки

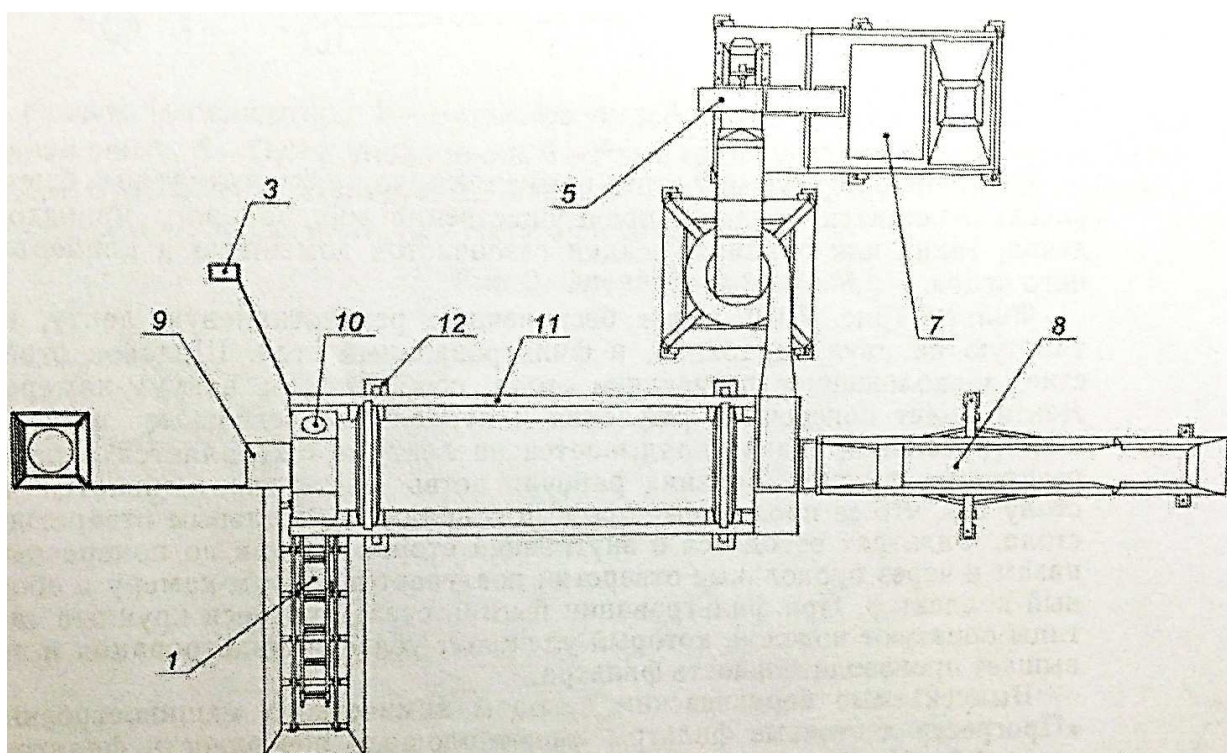
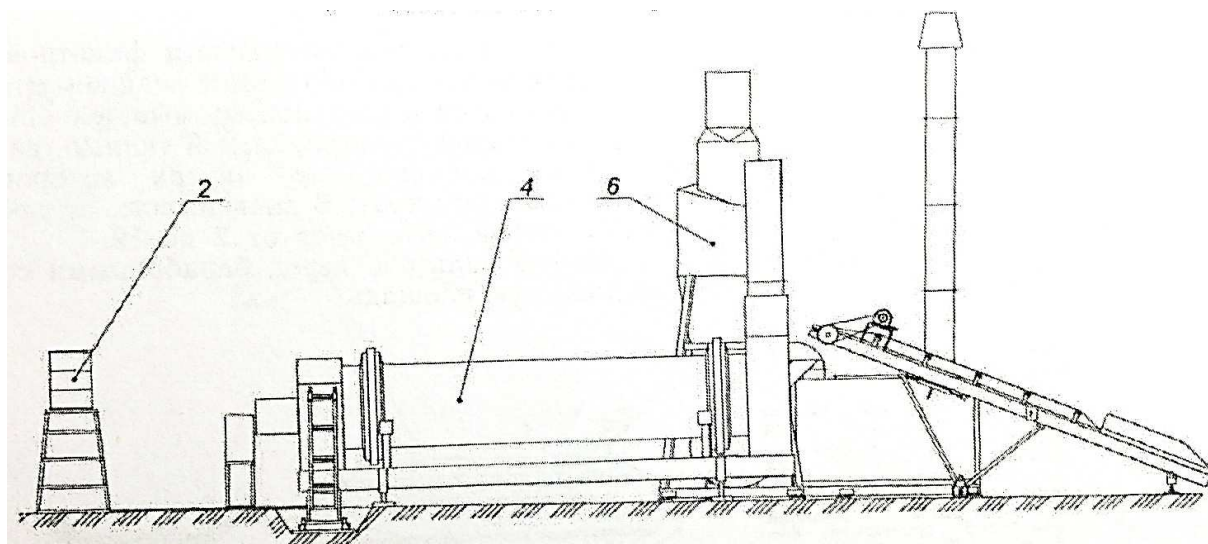
В состав УЗГ-1М входит: барабан; рама; циклон (первая ступень очистки); блок очистки (дымосос, бак – вторая ступень очистки); камера загрузки; камера выгрузки; ролик упорный (2шт.); угломер; ролик опорный (4шт.); опора винтовая (4шт.); трубопровод; топливный бак; пульт управления; блок раздаточный; горелка; конвейер с шевронной лентой; элеватор ковшовый.

3.1.3 Принцип работы

Установка состоит из камеры утилизации 4 – на рисунке 3, представляющей собой барабан с двойными стенками. Первая стенка служит силовой конструкцией, вторая жаропрочным вкладышем, барабан установлен на опорных катках с приводом от мотор-редуктора.

Высокая температура внутри камеры утилизации создается за счет сжигания дизельного топлива или природного газа в блочной газовой горелке 9, а также за счет дополнительного окисления горючих отходов, находящихся в замазученном грунте.

Подача замазученного грунта и других нефтесодержащих отходов осуществляется при помощи ленточного транспортера 8.



1 – элеватор ковшовый; 2 – топливный бак; 3 – пульт управления установкой; 4 – термодесорбер (высокотемпературная камера утилизации); 5 – дымосос; 6 – циклон; 7 – бак с водой (отбойник); 8 – конвейер с шевронной лентой; 9 – горелка блочная газовая; 10 – взрывной клапан; 11 – рама; 12 – регулируемые опоры

Рисунок 3 – Принципиальная схема установки УЗГ-1М

Подача замазученного грунта и других нефтесодержащих отходов осуществляется при помощи ленточного транспортера 8.

Перемещение материала в высокотемпературной камере утилизации происходит за счет вращения барабана в наклонном положении вдоль оси барабана в сторону камеры разгрузки.

Установка смонтирована на раме 11, имеющей регулируемые опоры 12 для наклона барабана вдоль его оси.

Обработка отходящих газов производится в установке типа «Циклон» 6 и второй ступенью очистки – бак с водой 7.

Для улучшения горения и вентиляции камеры сгорания используется дымосос 5.

Для контроля температуры отходящих газов на установке установлен термоизмеритель регулятор на камере загрузки под лотком.

3.1.4 Технические характеристики

Основные технические характеристики установки УЗГ-1М представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики установки УЗГ-1М

Наименование параметра	Величина
Производительность, кг/час	6000
Температура в барабанной печи, °С	500-700
Диаметр барабана, м	1,2
Длина барабана, м	6
Расход топлива, л/час	40

3.2 Установка ТДУ Фактор-2000

3.2.1 Назначение установки

Мобильная термодеструкционная установка Фактор-2000 (сокращенно именуемая как ТДУ-2000) на рисунке 4, предназначена для термической утилизации нефтешламов с крайне высоким содержанием мехпримесей, замазученных грунтов, буровых шламов, нефтесодержащих отходов, образующихся при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов, ТБО и других сыпучих и пастообразных отходов.

Области применения: нефтеперерабатывающая и нефтедобывающая отрасли, полигоны твердых бытовых отходов, полигоны опасных отходов, промышленные предприятия, предприятия нефтегазового комплекса, морские и речные порты; регионы, где отсутствует возможность применения других методов обезвреживания отходов.

Установка позволяет утилизировать более 100 отходов III, IV и V классов опасности, таких как:

- отходы добычи полезных ископаемых, в том числе буровые шламы;



Рисунок 4 – Транспортировка установки ТДУ Фактор-2000

- нефтешламы, нефтезагрязненные грунты, отходы очистки трубопроводов и резервуаров;
- отходы очистки сточных вод и коммунального хозяйства, промышленные стоки и сбросы;
- отходы лесозаготовки и рыболовства;
- отходы текстильной, пищевой и полиграфической промышленности;
- некоторые отходы химической промышленности и металлургии;
- ТБО, включая большинство резиновых и пластмассовых изделий;
- отходы строительства и ремонта;
- медицинские и биологические отходы;
- шпалы деревянные.

Не допускается утилизация бензина, растворителей и отходов с большим содержанием подобных продуктов, отходов с неизвестным составом, либо при сжигании которых выделяются ядовитые вещества. Такие отходы необходимо утилизировать в установленном законом порядке.

При необходимости, установка полностью помещается в два стандартных морских контейнера (40 и 20 фт) и может быть перевезена с одной рабочей площадки на другую с последующим ее запуском в течение суток.

3.2.2 Технические характеристики

Основные технические характеристики установки ТДУ Фактор-2000 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики ТДУ Фактор-2000

Наименование параметра	Величина
Производительность установки, кг/ч	от 200* -4000

Окончание таблицы 2

Температурный режим, °С	800-1200
Вес, т	16,0
Уровень шума при работе, дБ	не более 80
Марка применяемых сталей	углеродистая / нержавеющая / износостойкая
Тип горелки	стандартно - дизель (опция – газ, мазут)
Пылеуловители, шт.	2
Дожигатель	камера принудительного дожига с горелкой того же типа топлива
Скруббер	мокрый скруббер с системой орошения и встроенным баком водоподготовки
Объем топливного бака, л	600

* - наименьшая экономически обоснованная загрузка установки в час

3.2.3 Состав установки

Бункер приема на рисунке 5, предназначен для загрузки и порционной подачи утилизируемого нефтешлама в камеру сжигания.

В камере сжигания непосредственно происходит термическая утилизация нефтесодержащих отходов. Вращающийся механизм вращает камеру сжигания вокруг своей оси, обеспечивая равномерное прогорание отходов. Горелка служит для поджига и поддержания процесса горения в камере сжигания.



Рисунок 5 – Общий вид ТДУ Фактор-2000 (вид справа)

Блок циклонов (пылеуловители) на рисунке 6, представляет собой блок грубой очистки отходящих газов, где происходит очистка сгоревших газов от крупных механических включений и их частичное охлаждение.

Скруббер представляет собой блок тонкой очистки, где происходит окончательная очистка газов от несгоревших окислов, сажи и мелких механических примесей и частичное охлаждение отходящих газов.

Блок управления представляет собой электрический шкаф, где размещена вся автоматика установки и панель управления с органами управления установкой.

3.2.4 Принцип работы установки ТДУ Фактор-2000

На станине установлена камера сжигания (барабан) в виде вращающейся трубы, опирающейся на четыре ролика. Привод барабана осуществляется мотор - редуктором посредством зубчатой передачи.

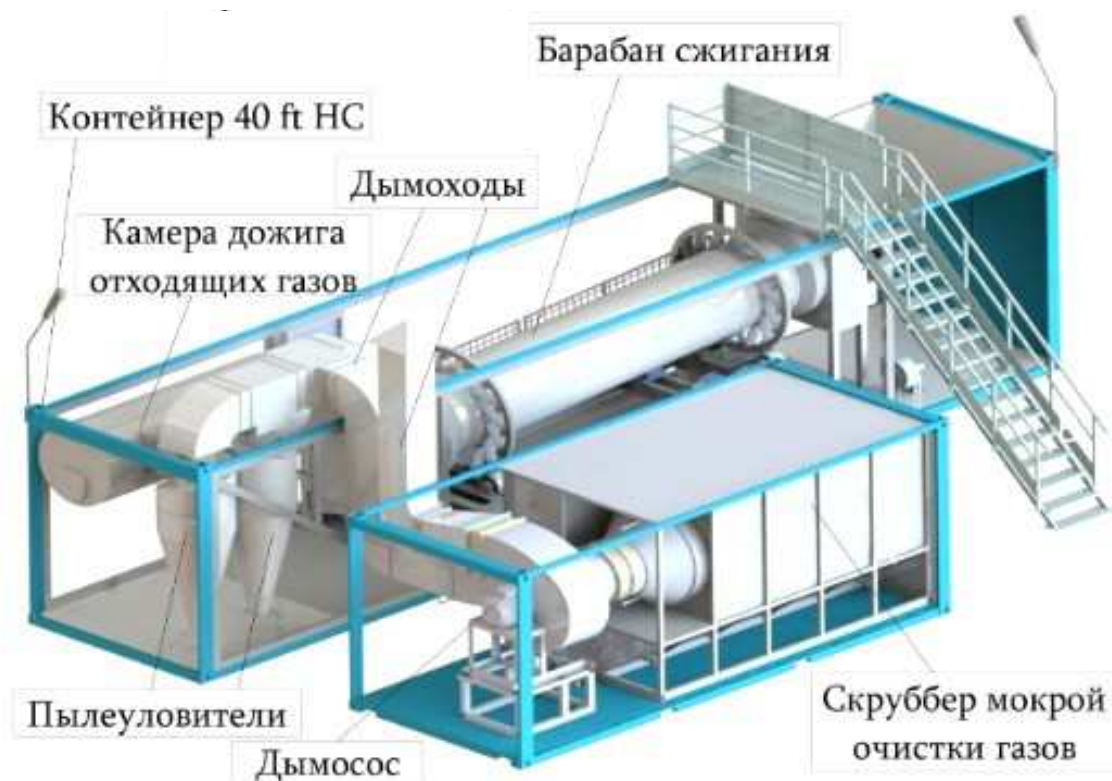


Рисунок 6 – Общий вид ТДУ Фактор-2000 (вид слева)

Подготовленный к сжиганию нефтешлам загружается в загрузочный бункер машинным погрузчиком на рисунке 7, или вспомогательными средствами откуда встроенным в дно воронки шнеком дозировано вводится в камеру сгорания. В камере сжигания нефтешлам перемешивается и перемещается при помощи лопастей, закрепленных внутри камеры сжигания.

В камере сжигания нефтешлам перемешивается и перемещается при помощи лопастей, закрепленных внутри камеры сжигания. Обжиг шлама в барабане осуществляется с помощью горелки, работающей на дизельном или другом виде топлива, с системой принудительной подачи дополнительного воздуха. За счет того, что барабан имеет небольшой наклон, шлам постепенно

движется от приемной воронки к лотку выгрузки золы, находясь постоянно в условиях воздействия высокой температуры (до 900° С) и активной продувки кислородом.



Рисунок 7 – Загрузка ковшовым погрузчиком

Производительность установки, температура, длительность пребывания шлама в камере сгорания и, как результат, интенсивность его обжига, регулируется несколькими параметрами – скоростью подачи шлама в камеру сгорания, рабочим режимом горелки, количеством подаваемого воздуха и скоростью вращения барабана.

Отходы горения (крупная фракция) высыпаются через выгрузной люк, по мере их накопления – на рисунке 8. В качестве опции возможна установка шнека или пневмотранспорта для погрузки золы в контейнеры или автотранспорт.

Очистка выхлопных газов обеспечивается принудительным дожигом в вихревой камере с отдельной горелкой и пылеуловителями. После чего газы направляются в современный скруббер мокрой очистки.



Рисунок 8 – Выгрузка золы

Действие скруббера основано на захвате частиц тяжелых металлов жидкостью, которая уносит их из аппарата в виде шлама, высвобождая газ с содержанием вредных примесей не более 0,1%.

3.3 Сравнительный анализ установок ТДУ Фактор-2000 и УЗГ-1М

Данный анализ в таблице 3, позволит оценить технологические режимы установок утилизации нефтесодержащих отходов методом сжигания, исследование исходных отходов, поступающих на переработку и получаемой золы.

Применение установок позволяет, но не на много, снизить загрязнение окружающей среды по сравнению с обычным открытым сжиганием. Кроме этого, используемая технология позволяет обезвреживать отходы, однако, получаемый продукт остается без дальнейшего применения ввиду своей

токсичности (зола, как правило, подлежит дальнейшему захоронению как обезвреженный материал).

Таблица 3 – ТДУ Фактор-2000 и УЗГ-1М

Наименование параметра:	Наименование организации	
	НПО Декантер	ООО «Скорая Экологическая Помощь»
	Наименование установки	
	ТДУ Фактор-2000	УЗГ-1М
Производительность, кг/ч	2000-4000	2000-4000
Режим работы	непрерывный	непрерывный
Тип дополнительного топлива	дизельное топливо	дизельное топливо
Расход топлива, л/ч	до 22	до 40
Потребляемая мощность основного технологического оборудования, кВт	до 22	до 25
Количество обслуживаемого персонала, чел.	3	4
Минимальная площадь, размещения технологического оборудования, м ²	8473	-
Напряжение питания, В	380	380
Род, частота тока, Гц	50	50
Температура эксплуатации, °С	-20...+40	-20...+40
Температура в камере сжигания, °С	500-950	800-900
Полученный продукт	зола	зола

Окончание таблицы 3

Потребность в разбавлении отходов грунтом или песком для доведения их до требуемого уровня	+	+
---	---	---

Технологии характеризуются повышенным потреблением энергетических ресурсов, поскольку на переработку направляются обводненные нефтеотходы. Многокомпонентный и неоднородный состав отходов, отсутствие предварительной подготовки приводит к неравномерному распределению составляющих, что в конечном итоге оказывает влияние на физико-химические процессы при обжиге и качественные показатели готового продукта. Тем самым, интерес представляет совершенствование технологии термического обезвреживания нефтесодержащего грунта и углеродсодержащих шламов с получением экологически безопасных продуктов, пригодных к использованию в строительстве в качестве заполнителей, в дорожной промышленности для подсыпки дорог или для рекультивации земель.

На сегодняшний день, уже имеется установка, позволяющая учесть все имеющиеся недостатки ранее существующих установок термического сжигания отходов – это Форсаж-2М.

3.4 Установка Форсаж-2М

3.4.1 Назначение установки

Обществом «ЭКОсервис-НЕФТЕГАЗ» разработана установка по сжиганию органических отходов Форсаж-2М на рисунке 9, которая может быть использована для утилизации отходов третьего и четвертого класса опасности.

Форсаж-2М предназначена для термической утилизации твердых бытовых и промышленных отходов, в том числе отходов, содержащих нефтепродукты, а именно: отработанные фильтры, промасленная ветошь и опилки, отработанные сорбенты, бумажные изделия, нефтесодержащие отходы, прочие горючие материалы.



Рисунок 9 – Установка Форсаж-2М

Конструктивные особенности установки позволяют сжигать отходы калорийностью до 5500 ккал/кг. Предельное содержание нефтепродуктов в сжигаемых отходах не должно превышать 30% (по массе). В установке не разрешается сжигать отходы, содержащие легковоспламеняющиеся вещества (бензин, растворители и др.), а также галогеносодержащие (фтор-, хлорсодержащие) отходы и отходы, содержащие ионы тяжелых металлов.

Установка Форсаж-2М успешно применяется как при плановой периодической утилизации отходов, так и в процессе ликвидации последствий различных аварийных ситуаций. Максимальная производительность установки по сжигаемым отходам 180 кг/час. Установка оборудована горелкой, которая предназначена для ввода топлива и окислителя (воздуха) в топку, их перемешивания и обеспечения устойчивого воспламенения топливовоздушной смеси, поджигания отходов и увеличения интенсивности их горения.

3.4.2 Принцип работы Форсаж-2М

Сжигание отходов производится в камере сжигания (топке) на рисунке 10.

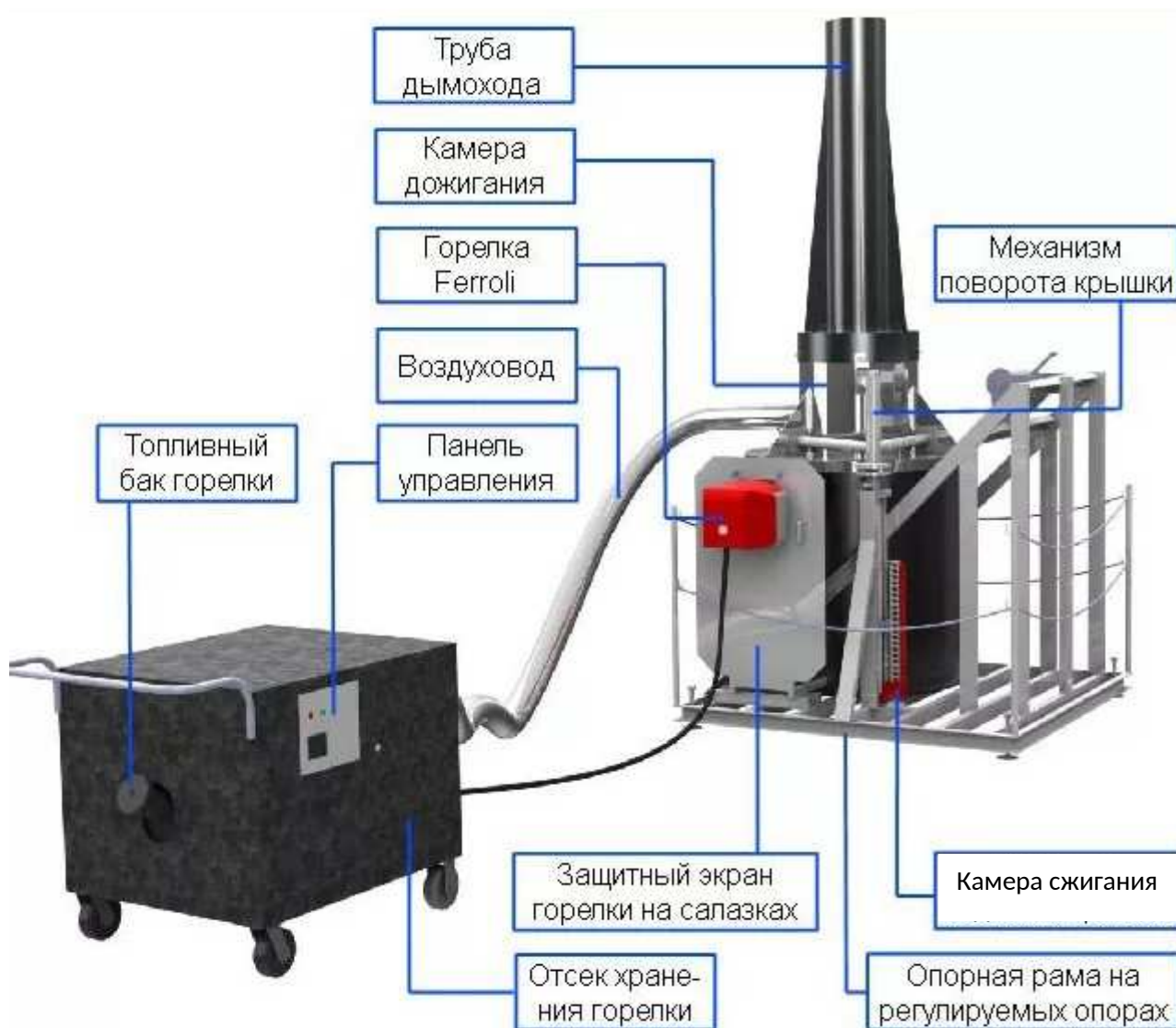


Рисунок 10 – Основные узлы и механизмы Форсаж-2М

Запуск установки производится в режиме «Пуск», после того как отходы начинают интенсивно гореть, установка переводится в режим «Форсаж». Воздух необходимый для горения подается из ресиверных камер, которые предназначены для создания направленного воздушного потока. В каждой ресиверной камере установлены четыре вентилятора производительностью 58

л/с каждый. Вентиляторы закреплены в нижней части ресиверной камеры и защищены от внешних воздействий юбкой камеры и защитной сеткой. Заборные устройства вентиляторов защищены от попадания пыли и грязи сменными фильтрами. Управление вентиляторами осуществляется переключателем режима работы («Пуск», «Режим», «Форсаж»), расположенным на панели пульта управления. Камеры оборудованы патрубком для отвода потока воздуха. Отвод воздуха осуществляется с помощью гибкого металлического рукава.

Для более тщательного сжигания отходов установка оборудована камерой дожигания, которая предназначена для дожигания несгоревших в камере сжигания частиц и газов. Конструкция камеры дожигания позволяет создать в верхней части установки центробежный воронкообразный поток воздуха, который интенсифицирует процесс сжигания отходов.

Температура горения при этом превышает 1000°C, что обеспечивает практически полное их сгорание. На входе в камеру дожигания установлен дефлектор. Дефлектор отклоняет поток несгоревших частиц и газов, поднимающихся через центр газовой воронки к периметру камеры дожигания, где они перемешиваются с входящим воздухом. Газообразные продукты сгорания выходят через выпускное отверстие, над которым установлена искрогасящая сетка. Искрогасящая сетка предотвращает вылет мелких несгоревших частиц из установки.

За счет высокой температуры горения (около 1100°C), в камере дожигания происходит полное разложение сложных органических соединений до простейших компонентов. При этом в установке происходит практически полное сгорание отходов - остаток в виде золы составляет, в зависимости от состава отходов, 3-5% исходной массы отходов. Однако установка Форсаж-2М является дополнительным источником загрязнения атмосферы, а влияние на загрязнение приземного слоя атмосферы при работе установки недостаточно изучено.

Согласно санитарно-эпидемиологическому заключению на паспорт установки санитарно-защитная зона должна быть не менее 100 метров, другие характеристики загрязнения приземного слоя атмосферы в паспорте установки отсутствуют.

3.4.3 Исследование параметров работы установки Форсаж-2М

Для получения характеристик выбросов загрязняющих веществ при работе установки в различных режимах, группой исследователей были проведены следующие работы. При работе горелки на дизельном топливе и сжигании органических отходов, загрязненных отработанными маслами, в атмосферу поступают азота диоксид, углерод черный (сажа), сера диоксид, углерода оксид и взвешенные вещества. В режиме «Пуск», качественные и количественные характеристики загрязняющих веществ определены расчетным методом, а в режиме работы «Форсаж» на основании утвержденных нормативов ПДВ.

Расчет загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ выполнялся по программе «Эколог», которая позволяет дать оценку загрязнения атмосферы вредными веществами от горячего источника и оценить степень загрязнения атмосферы действующей установкой по санитарно-гигиеническим показателям. В результате проведения расчета были получены карты рассеивания вредных веществ в виде изолиний в долях от ПДК на заданной местности.

В результате анализа расчета рассеивания выявлено:

1. В режиме «Пуск» максимальные приземные концентрации достигаются в теплый период года на расстоянии 23 метров от установки и составляют: диоксид азота 0,45 ПДК, диоксид серы 0,31 ПДК, группа «азот диоксид + сера диоксид» 0,76 ПДК, а по оксиду углерода и саже максимальные приземные концентрации не превышают 0,1 ПДК. Так же необходимо отметить, что приземные концентрации менее 0,1 ПДК достигаются на расстоянии 150

метров от установки по диоксиду азота и диоксиду серы, а по группе «диоксид азота + диоксид серы» на расстоянии 200 метров.

2. В режиме «Форсаж» максимальные приземные концентрации достигаются в теплый период года на расстоянии 34-46 метров от установки и составляют: диоксид азота 1,2 ПДК, сажа 0,7 ПДК, диоксид серы 0,56 ПДК, оксид углерода 0,47 ПДК, взвешенные вещества 0,34 ПДК, группа «азот диоксид + сера диоксид» 1,75 ПДК.

3. При анализе расчета рассеивания выявлено, что на расстоянии 100 метров от установки, работающей в режиме «Форсаж» приземные концентрации составляют: диоксид азота 0,9 ПДК, сажа 0,3 ПДК, диоксид серы 0,4 ПДК, оксид углерода 0,4 ПДК, взвешенные вещества 0,3 ПДК, группа «азот диоксид + сера диоксид» превышает 1,0 ПДК.

Анализ расчета рассеивания показал, что использование установки Форсаж-2М на действующих предприятиях имеет существенное ограничение, при проведении расчета рассеивания не учитывался вклад других источников и фоновое загрязнение атмосферного воздуха.

3.4.4 Улучшение характеристик работы установок огневого обезвреживания отходов

Применяя теорию рассеивания загрязняющих веществ, которая рассматривает горизонтальное и вертикальное перемещение примесей, и небольшую высоту дымовой трубы 3,9 метра. А так же, что расчет рассеивания проводится на неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), которыми является безветрие, при котором рассеивание вредных веществ происходит главным образом под действием вертикальных потоков, предлагалось оборудовать установку факельным выбросом, конструкция которого представляет собой конфузор под углом 30^0 , диаметром устья 250 мм. Аэродинамическое сопротивление газового тракта в этом случае увеличится незначительно, порядка 1 Па.

Кроме этого, предлагалось при работе установки в качестве окислителя вместо дизельного топлива использовать сжиженный углеводородный газ. Для нормальной работы установки требуется сравнительно небольшое количество газа 5,8 м³/час. Подача может быть обеспечена горелками различных конструкций, при условии их устойчивой работы, без отрыва или проскока пламени. Для этой цели подходят атмосферные горелки с одним выходным отверстием. Особенность этих горелок заключается в том, что ее головка имеет не коллектор с большим числом мелких отверстий, а коническую трубку с одним отверстием большого диаметра. В результате этого значительно удлиняется пламя горелки. Вследствие разрежения в топке вторичный воздух по кольцевому зазору между горелкой и специальным кожухом поступает к корню факела. У горелок предусмотрена возможность регулирования количества первичного и вторичного воздуха. Такие горелки применяют при переоборудовании на газовое топливо различных тепловых агрегатов.

Имеющиеся на сегодняшний день методики расчета позволяют определить количественный состав выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании сжиженного углеводородного газа. На основании проведенных расчетов при работе установки в режиме «Пуск», используя сжиженный углеводородный газ в качестве окислителя вместо дизельного топлива, выбросы окислов азота снижаются на 40%, оксида углерода на 30%, серы диоксида на 98,5%, а сажа в выбросах полностью отсутствует.

После модернизации установки проведен дополнительный расчет рассеивания при работе установки в режиме «Форсаж», анализ которого показал:

1. Максимальные приземные концентрации достигаются в теплый период года на расстоянии 47-63 метра от установки и составляют: диоксид азота 0,63 ПДК, сажа 0,37 ПДК, диоксид серы 0,29 ПДК, оксид углерода 0,24 ПДК, взвешенные вещества 0,33 ПДК, группа «азот диоксид + сера диоксид» 0,92 ПДК.

2. При анализе расчета рассеивания выявлено, что на расстоянии 100 метров от установки, работающей в режиме «Форсаж» приземные концентрации составляют: диоксид азота 0,3 ПДК, сажа 0,2 ПДК, диоксид серы менее 0,2 ПДК, оксид углерода менее 0,2 ПДК, взвешенные вещества менее 0,2 ПДК, группа «азот диоксид + сера диоксид» менее 0,5 ПДК.

Сравнение вариантов расчета рассеивания показывают, что в результате модернизации дымовой трубы и использования в работе в качестве окислителя сжиженного углеводородного газа значения приземных концентраций уменьшаются в 2 раза, и использовать установку возможно не только на мусоросжигательных объектах, относящихся согласно СанПиН 2.2.1./2.1.1.2555-09 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН» ко второму классу предприятий с нормативной границей санитарно защитной зоны 500 метров, но и на действующих предприятиях.

4. Исследование параметров работы установки УЗГ-1М

4.1 Газообразные выбросы установки

Контроль над нормативами предельно-допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферу от установки УЗГ-1М осуществляется путем инструментальных замеров количественного и качественного состава отходящих газов. Для проведения замеров и их анализа ЗАО «Зеленый город» заключило договор с ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Сибирскому федеральному округу».

Контроль состоит в инструментальных замерах и определении следующих параметров:

- общего количества газов на выходе;
- концентраций вредных веществ на выходе;
- температуры газов на выходе.

После получения результатов инструментальных измерений производятся расчеты загрязнения атмосферы (приземных концентраций загрязняющих веществ), которые выполняются с помощью программного комплекса "УПРЗА-Эколог" (версия 3.1), разработанного Фирмой Интеграл, г. Санкт-Петербург. Программа согласована и рекомендована ГУ "ГГО им. А.И. Воейкова" для использования при разработке нормативов ПДВ. Программа реализует положения нормативного документа ОНД-86.

Основными критериями оценки качества атмосферного воздуха при установлении ПДВ для источников загрязнения атмосферы являются предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе, утвержденные в установленном порядке.

При этом для каждого, i -го вещества, выбрасываемого источниками предприятия, требуется выполнение соотношения:

$$q_i = \frac{C_i}{ПДК} \leq 1 \quad (1)$$

где C_i - расчетная концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха.

В том случае, когда в воздухе присутствует несколько (n) вредных веществ с суммирующимся вредным действием для их безразмерных концентраций q_i , определенных в соответствии с (1) должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^n q_i \leq 1 \quad (2)$$

В настоящее время в соответствии с установленным в РФ порядком при определении нормативов ПДВ в качестве стандартов качества атмосферного воздуха используются предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, утвержденные

Минздравом, которые не относятся к территориям предприятий и их санитарно-защитных зон.

При оценке влияния выбросов предприятия на качество атмосферного воздуха следует учитывать, что величина максимальной приземной концентрации, C_i , какого-либо (i -го) вещества, рассматриваемая в (1) и (2) является суммой двух составляющих:

- максимальной приземной концентрации этого вещества, создаваемой выбросами исследуемого предприятия, C_{mi} , и
- фоновой концентрации рассматриваемого вещества, C_{fi} , обусловленной наличием других источников загрязнения воздуха в городе и дальним переносом примесей.

$$C_i = C_{mi} + C_{fi} \quad (3)$$

С учетом (3) условие (1) можно переписать в виде

$$q_{mi} + q_{fi} \leq 1 \quad (4)$$

$$q_{mi} = \frac{C_{mi}}{ПДК_i} \quad q_{fi} = \frac{C_{fi}}{ПДК_i} \quad (5)$$

Для веществ, для которых установлены только среднесуточные предельно-допустимые концентрации $ПДК_{cc}$, согласно п.8.1 ОНД-86, следует проверять выполнение гигиенических требований с помощью проверки условия:

$$0,1C \leq ПДК_{cc} \quad (6)$$

Умножив обе части неравенства (6) на 10, можно переписать его в виде:

$$C \leq 10ПДК_{cc} \quad (7)$$

или, введя безразмерную характеристику концентрации в виде:

$$q = \frac{C}{10 ПДК_{cc}} \leq 1 \quad (8)$$

Величины $C_{ми}$ рассчитываются по формулам ОНД-86 (с применением согласованных в установленном порядке программ расчета загрязнения атмосферного воздуха (УПРЗА)) по данным о параметрах источника выброса и данным о характеристиках рассеивания загрязняющих веществ в воздушном бассейне. Значения метеорологических параметров, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере (д.Кузнецово Березовского р-на Красноярского края) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Метеорологические характеристики и коэффициенты

Метеорологические характеристики	Коэффициенты
Коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы.	200
Коэффициент рельефа местности	1
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, °С	24,4

Окончание таблицы 4

Средняя температура воздуха наиболее холодного месяца года (для котельных, работающих по отопительному графику), °С	-16,6
---	-------

Среднегодовая роза ветров, %	
С	3
СВ	6
В	5
ЮВ	2
Ю	12
ЮЗ	44
З	23
СЗ	5
Среднегодовая скорость ветра, м/с	2,6
Скорость ветра U*(м/с), повторяемость превышения которой (по средним многолетним данным) не больше 5%.	6,4
* Справочные данные Гидрометеорологического центра (ГМЦ).	

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для полигона «Серебристый» приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ

№п.п.	Наименование загрязняющих веществ	Класс опасности	ПДКм.р. мг/м ³	Значение фоновых концентраций, мг/м ³
1.	Взвешенные вещества	3	0,5	0,195
2.	Диоксид серы	3	0,5	0,013
3.	Оксид углерода	4	5,0	2,4

Окончание таблицы 5

4.	Диоксид азота	3	0,2	0,054
5.	Оксид азота	3	0.4	0,024

Для того, чтобы проверить выполнение гигиенических нормативов качества приземного слоя воздуха (т.е. условия (3) - (5)) по содержанию в нем загрязняющих веществ, необходимо оценить величины приземных

концентраций этих примесей в окрестности предприятия. Такая оценка делается расчетным путем на основании расчетной схемы нормативной методики ОНД-86, с помощью унифицированной программы для ЭВМ – УПРЗА Эколог верс. 3.1 Фирмы «Интеграл», согласованной в установленном порядке.

Для всех рассматриваемых веществ расчеты производились в прямоугольной области размером 6700х6700 м, охватывающей территорию санитарно-защитной зоны (СЗЗ) полигона «Серебристый», а также прилегающую жилую застройку (Садовые участки и юго-западные окраины д.Кузнецово). Расчетные точки располагались в узлах прямоугольной сетки с шагом 500 м.

В соответствии с ОНД-86 расчеты проводились для теплого периода года.

В каждой расчетной точке рассчитывалась максимальная по величине скорости и направлению ветра концентрация примеси. При расчетах производился перебор направлений и скоростей ветра в соответствии с требованиями ОНД-86 по алгоритму уточненного перебора скоростей ветра, заложенному в программу "Эколог" и одобренному ГГО им. А. И. Воейкова. Шаг по углу перебора направлений ветра был принят равным 1°.

Были выбраны 11 контрольных точек, расположенных на границе санитарно-защитной зоны предприятия «ЗАО «Зеленый город»» - полигона «Серебристый» и в прилегающих жилых зонах: (Садовые участки, юго-западные окраины д. Кузнецово).

Координаты и расположение контрольных точек даны в нижеследующей таблице 6.

Таблица 6 – Координаты и расположение контрольных точек.

№ точки	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	34,00	967,00	2	на границе СЗЗ	Север
2	468,00	667,00	2	на границе СЗЗ	Северо-Восток

3	566,00	-6,00	2	на границе СЗЗ	Восток
4	-44,00	-498,00	2	на границе СЗЗ	Юг
5	-696,00	101,00	2	на границе СЗЗ	Запад
6	-487,00	688,00	2	на границе СЗЗ	Северо-Запад
7	251,00	985,00	2	на границе жилой зоны	Садовые участки
8	-477,00	1246,00	2	на границе жилой зоны	Садовые участки
9	-1271,00	1202,00	2	на границе жилой зоны	Садовые участки
10	3118,00	1160,00	2	на границе жилой зоны	д. Кузнецово
11	3220,00	536,00	2	на границе жилой зоны	д. Кузнецово

Результаты расчетов на ПЭВМ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчетные параметры выброса загрязняющих веществ установкой УЗГ-1М

Учет:	Типы источников:
"%" - источник учитывается с исключением из фона;	1 - точечный;
"+" - источник учитывается без исключения из фона;	2 - линейный;
"-" - источник не учитывается и его вклад исключается из фона.	3 - неорганизованный;
При отсутствии отметок источник не учитывается.	4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;
	5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;
	6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выброса;
	7 - совокупность точечных с зонтами или горизонтальным направлением выброса;
	8 - автомагистраль.

Окончание таблицы 7

Учет при расч.	№ пл.	№ цеха	№ ист.	Наименование источника	Вар.	Тип	Высота ист. (м)	Диаметр устья (м)	Объем ГВС (куб.м/с)	Скорость ГВС (м/с)
+	2	0	0002	УЗГ-1МГ	1	1	6,0	0,40	0,84195	6,70000
Темп. ГВС (°С)		Кэф. рел.		Коорд. Х1-ос. (м)		Коорд. У1-ос. (м)	Коорд. Х2-ос. (м)	Коорд. У2-ос. (м)	Ширина источ. (м)	
55		1,0		-31,4		233,7	-31,4	233,7	0,00	

Код в-ва	Наименование вещества	Выброс, (г/с)	Выброс, (т/г)	F	Лето:	См/ПДК	Xm	Um	Зима:	См/ПДК	Xm	Um
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0051000	0,0536112	1		0,037	53,7	1,1		0,027	63,9	1,4
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0008300	0,0087250	1		0,003	53,7	1,1		0,002	63,9	1,4
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,0260000	0,2733120	1		0,074	53,7	1,1		0,055	63,9	1,4
0337	Углерод оксид	0,6500000	6,8328000	1		0,186	53,7	1,1		0,138	63,9	1,4
2754	Углеводороды предельные C12-C19	0,0006720	0,0070641	1		0,001	53,7	1,1		0,001	63,9	1,4
2902	Взвешенные вещества	0,2400000	2,5228800	1		0,687	53,7	1,1		0,511	63,9	1,4

Как показывают результаты расчетов, максимальные приземные концентрации ни в одной контрольной точке – на границе санитарно-защитной зоны, д. Кузнецово, не превышают 0,1ПДК. Если приземная концентрация загрязняющего вещества, формируемая (без учета фона) выбросами этого вещества предприятием в жилой застройке, не превышает 0,1ПДК, то учет фоновое загрязнение воздуха не требуется, и группы веществ, обладающие комбинированным вредным воздействием, в которое входит данное вещество, не рассматриваются.

Таким образом, результаты расчетов свидетельствуют о соблюдении гигиенических стандартов качества атмосферного воздуха по загрязняющим веществам, выбрасываемым установкой УЗГ-1М и позволяют принять выбросы по всем загрязняющим веществам в качестве предельно-допустимых.

Первоочередных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу не требуется.

4.2 Твердые отходы утилизации

Для получения реальных данных работы установки во время утилизации нефтесодержащих отходов, были исследованы образцы твердых отходов из барабана установки.

Отобранные образцы исследовали рентгенографическим анализом. Возможность использования рентгеновских лучей для исследования кристаллических веществ основана на том, что длина их волны сопоставима с расстоянием между упорядоченно расположенными атомами в решётке кристаллов, которая является для рентгеновских лучей естественной дифракционной решеткой. Сущность рентгенографических методов анализа заключается в изучении дифракционной картины, получаемой при отражении рентгеновских лучей атомными плоскостями.

На термограмме пробы №1 рисунок 11, на кривой ДСК наблюдается большой экзоэффект при $t = 433^{\circ}\text{C}$, сопровождающийся потерей массы образца

до 27,19%, относящийся к выгоранию органики. Эндозэффект при $t = 700^{\circ}\text{C}$ относится к разложению кальцита CaCO_3 , содержание CaCO_3 в пробе, рассчитанное по ТГ составляет 4,5%.

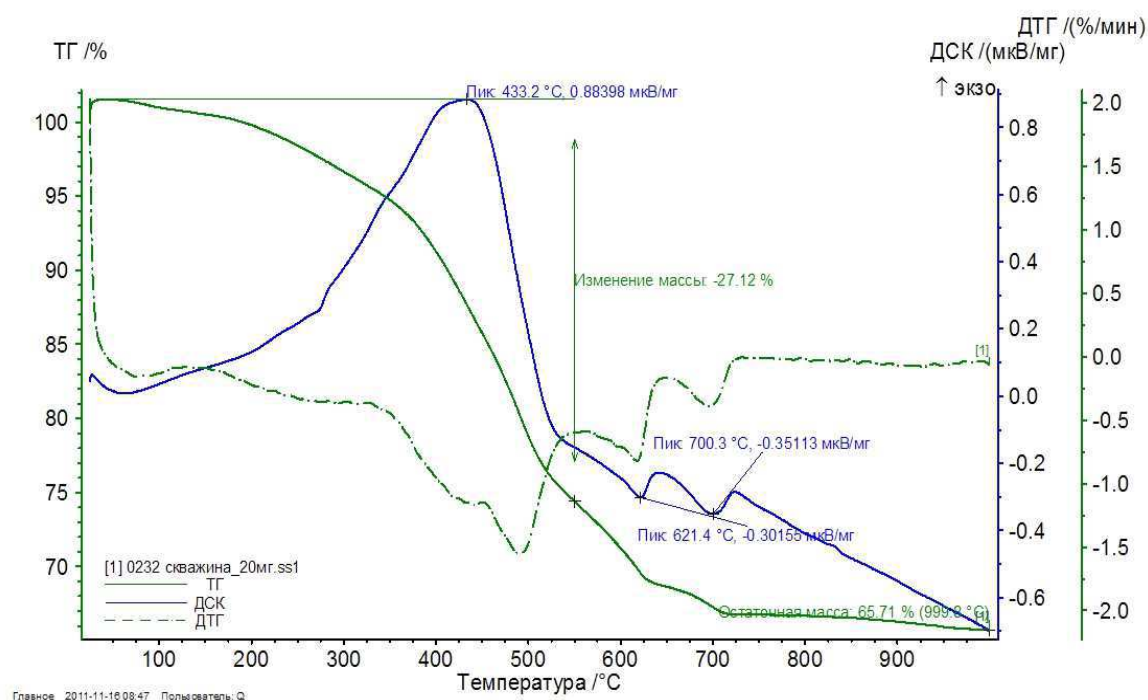


Рисунок 11 – Термограмма пробы №1

Рентгенофазовый анализ пробы №1 рисунок 12, свидетельствует о высоком содержании сидерита FeCO_3 ($d = 3,57; 2,78; 2,34; 1,73$). Кроме того, наблюдаются дифракционные максимумы, характерные для кальцита CaCO_3 ($d = 2,99; 2,46; 2,07$) и незначительные примеси кварца SiO_2 ($d = 3,32$).

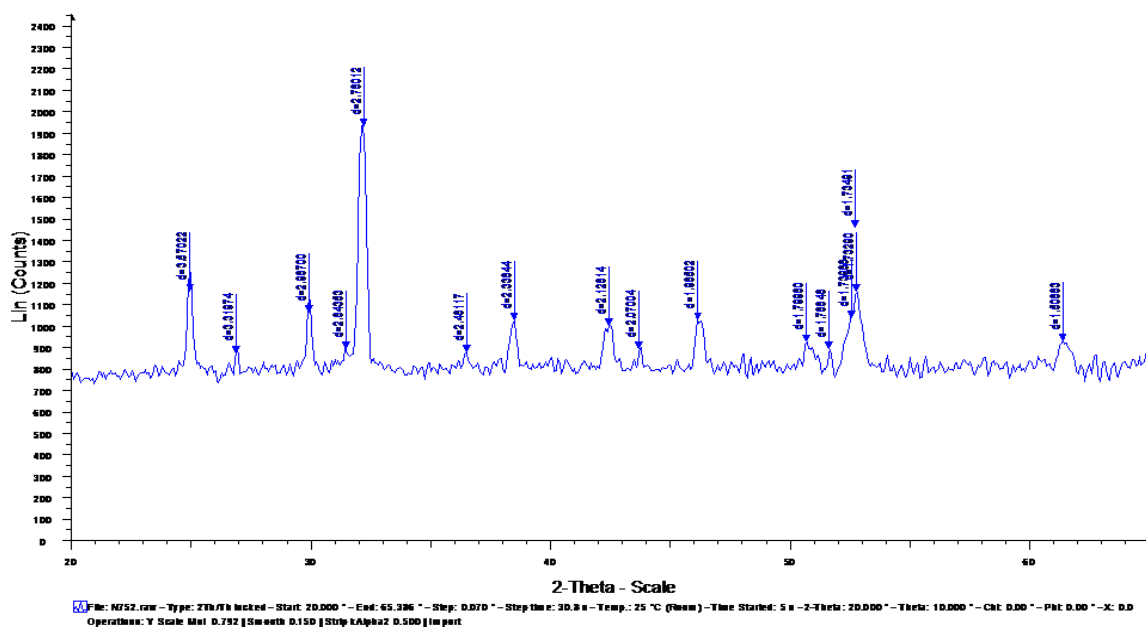


Рисунок 12 – Рентгенофазовый анализ пробы №1

Данные рентгенофазового анализа пробы №2 рисунок 13, свидетельствуют о том, что данный образец представляет из себя песок, основными фазами которого является кварц SiO_2 ($d = 4,21; 3,33; 1,81; 1,54$), полевые шпаты ($d = 3,22; 3,18$) и примеси глинистых минералов ($d = 7,00$).

На термограмме пробы №2 рисунок 14 на кривой ДСК наблюдается ряд термических эффектов, сопровождающихся потерей массы образца. Небольшой эндоэффект при 80°C относится к потере адсорбированной воды.

Большой широкий экзоэффект (150°C - 700°C) относится к поэтапному выгоранию органики, при этом теряется 13% массы образца. Таким образом, песок довольно сильно загрязнён органическими примесями.

В ходе исследований определено присутствие в нефтесодержащих пробах до 13-27% углеродсоставляющей фракции [12].

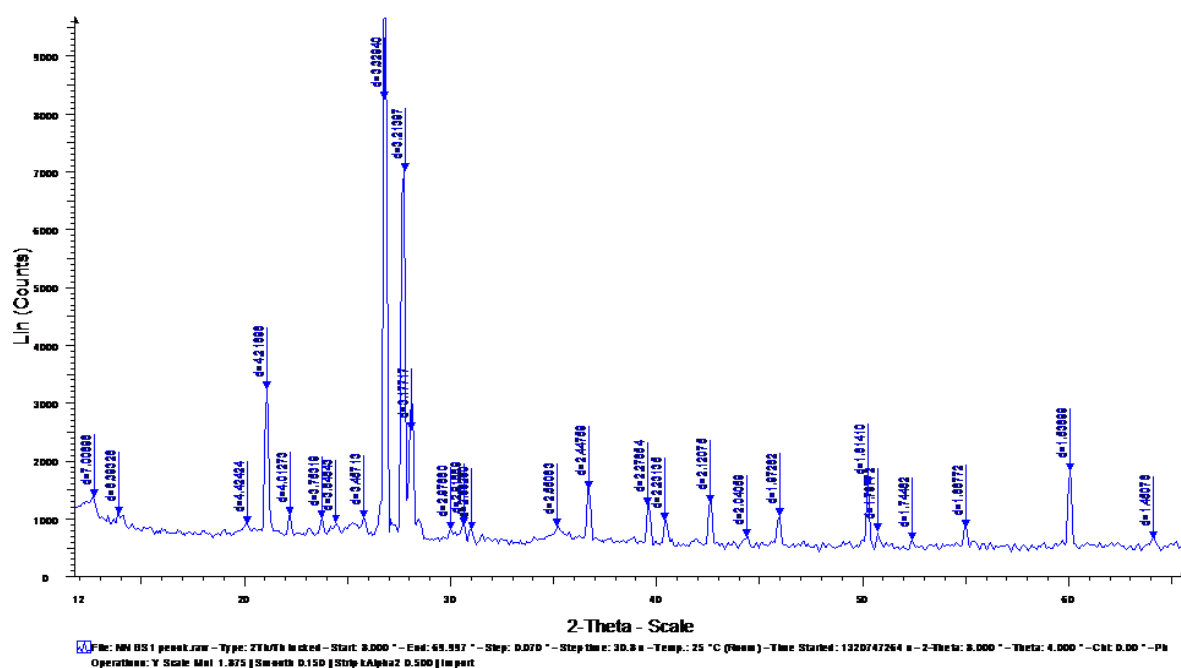


Рисунок 13 – Рентгенофазовый анализ пробы №2

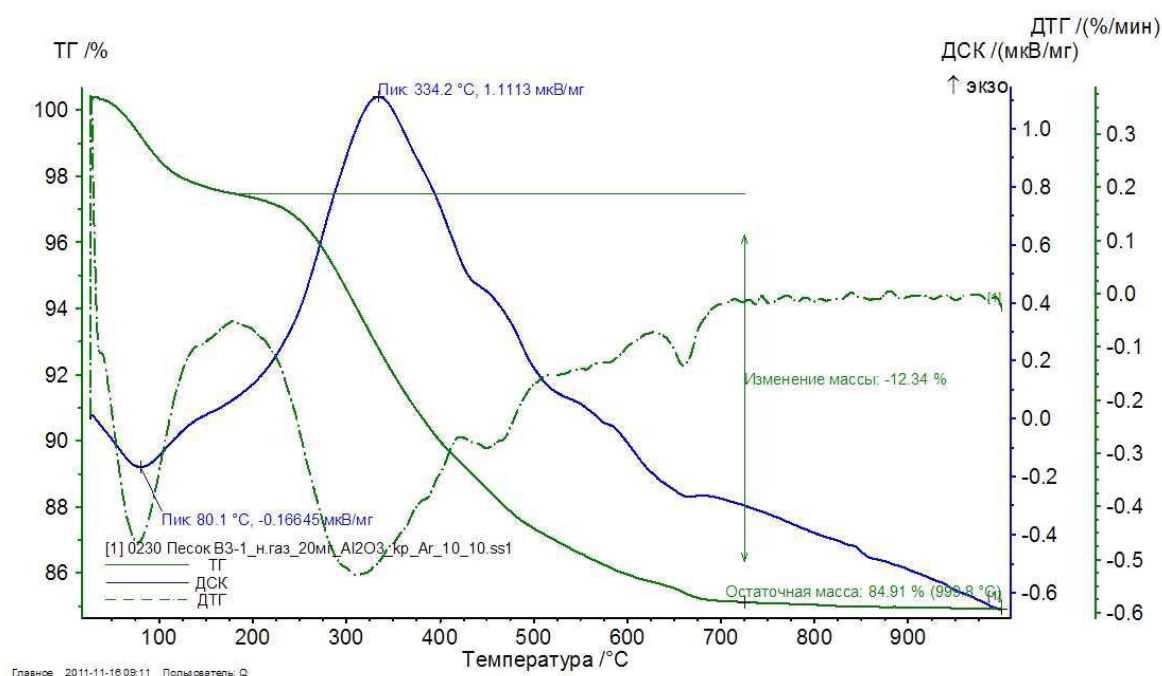


Рисунок 14 – Термограмма пробы №2

4.3 Улучшение процесса сжигания за счет использования теплоты уходящих газов

Колоссальные энергетические потери на многих промышленных предприятиях существуют за счет не достаточного использования теплоты в технологических процессах. К примеру, теплота газа, нагретого в процессе того или иного производства, используется не эффективно или не используется вообще, и нагретый газ выбрасывается в атмосферу. Данные процессы приводят не только к большим энергетическим потерям, но и к различным проблемам экологического характера. Решением проблемы может стать возможность доиспользовать теплоту уходящих газов.

Преимуществом рекуперации является экономия энергии и сырья, и как следствие, экономия средств на эксплуатацию технологического оборудования и проведения технологического процесса. Методы рекуперации весьма разнообразны. Их выбор определяется физико-химическими свойствами рекуперлируемых компонентов, качественным и количественным составом сырьевых и технологических материалов, характером технологических операций. Использование физического тепла отходящими газами определяется их количеством, составом, теплоемкостью и температурой.

Отходящие газы (вторичные рекуперлируемые энергетические ресурсы) - газы, образующиеся в результате сжигания топлива, а также технологических процессов, покидающие печь или агрегат.

Дымовые газы, покидающие рабочее пространство печей, имеют высокую температуру и уносят с собой значительное количество теплоты. В нагревательных печах с уходящими дымовыми газами теряется около 60-65% располагаемой теплоты.

Возврат части теплоты дымовых газов в печь осуществляется путем предварительного подогрева материала перед подачей его в печь, что позволяет повысить коэффициент использования теплоты печного агрегата, температуру и качество горения, а также снизить расход топлива и сопутствующие негативные экологические воздействия.

Для утилизации теплоты технологических газов установки УЗГ-1М предложено установить металлический короб вокруг загрузочного бункера, таким образом, чтобы между ними было расстояние, в которое будут транспортироваться отходящие дымовые газы для передачи тепла нефтесодержащим отходам, поступающим в установку для огневого сжигания.

Теплопроводностью или теплопередачей называется перенос теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, то есть, между непосредственно соприкасающимися телами или частицами тел с температурой. При нагревании тела кинетическая энергия его молекул возрастает. Частицы более нагретой части тела, сталкиваясь при своем беспорядочном движении с соседними частицами тела, сообщают им часть своей кинетической энергии. Этот процесс постепенно распространяется по всему телу.

Перенос теплоты теплопроводностью зависит от физических свойств тела, его геометрических размеров, а также разности температур между различными частями тела.

Этот процесс раскладывают на:

- перенос теплоты от горячего теплоносителя к стенке;
- перенос теплоты через стенку;
- перенос теплоты от стенки к холодному агенту.

Перенос теплоты от горячих дымовых газов к нефтесодержащим отходам через стенки загрузочного бункера, включает в себя конвективную теплопередачу от горячих дымовых газов к внешней стенке, теплопроводность в стенке и конвективную теплоотдачу от внутренней поверхности стенки к нефтешламам.

Особенность протекания процесса заключается в том, что на границах стенки теплопередача характеризуется граничными условиями третьего рода, которые задаются температурами газа с одной стороны и стенки с другой, а также соответствующими значениями коэффициентов теплоотдачи.

Так как рассматривается стационарный режим, то тепловой поток пройдет путем теплопроводности через твердую стенку и будет передан от второй поверхности стенки к холодной среде за счет теплоотдачи.

Процесс переноса теплоты от одной среды через стенку к другой среде состоит из трех этапов:

- теплоотдачи от среды с температурой t_{cp1} к поверхности стенки, имеющей температуру t_{cm1} ;
- теплопроводности через стенку;
- теплоотдачи от поверхности стенки с температурой t_{cm2} к среде, имеющей температуру t_{cp2} .

Тепловой поток, передаваемый от горячего теплоносителя к стенке равен:

$$Q = \alpha_1 (t_{cp1} - t_{cm1}) F \quad (9)$$

Тепловой поток, проходящий через стенку:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{cm1} - t_{cm2}) F \quad (10)$$

Тепловой поток, передаваемый холодному теплоносителю от поверхности стенки:

$$Q = \alpha_2 (t_{cm2} - t_{cp2}) F \quad (11)$$

Сделаем так, чтобы в левой части каждого равенства осталась разность температур.

Тогда:

$$t_{cp1} - t_{cm1} = \frac{Q}{F} \frac{1}{\alpha_1} \quad (12)$$

$$t_{cm1} - t_{cm2} = \frac{Q}{F} \frac{\delta}{\lambda} \quad (13)$$

$$t_{cm2} - t_{cp2} = \frac{Q}{F} \frac{1}{\alpha_2} \quad (14)$$

Если просуммировать левые и правые части этих уравнений, получим:

$$t_{cp1} - t_{cp2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (15)$$

Откуда:

$$Q = \frac{t_{cp1} - t_{cp2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} F = k(t_{cp1} - t_{cp2})F \quad (16)$$

где k – коэффициент теплопередачи.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (17)$$

Коэффициент теплопередачи не является теплофизической характеристикой (в отличие от коэффициентов теплопроводности и температуропроводности), потому что зависит от толщины стенки. Он численно равен количеству теплоты, которая передается от одной среды к другой через стенку площадью 1 м^2 в единицу времени при единичной разности температур между теплоносителями.

Величину, обратную k , называют термическим сопротивлением теплопередаче:

$$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (18)$$

Т.о. полное термическое сопротивление теплопередаче состоит из трех частей: сопротивлений теплоотдаче $\frac{1}{\alpha_1}$ и $\frac{1}{\alpha_2}$, и термического сопротивления теплопроводности.

4.4 Расчет теплопередачи через металлическую стенку от нагретых газов к нефтешламам

Температура исходящих газов на входе в рубашку обогрева, согласно протокола анализа $t_{вх} = 82^\circ C$, на выходе из рубашки $t_{вых} = 62^\circ C$.

Из справочника:

плотность грунта $\rho_{грунта} = 1370 \text{ кг/м}^3$,

теплоемкость грунта $c_{грунта} = 2 \text{ кДж/кг} \cdot K$,

плотность воздуха $\rho_{воздуха} = 1,293 \text{ кг/м}^3$.

Из протокола анализа массовый состав исходящих газов: массовая концентрация диоксида азота $4,8 \text{ мг/м}^3$, массовая концентрация оксида углерода 482 мг/м^3 .

Массовая доля компонента рассчитывается по формуле:

$$g_i = \frac{c_i}{\rho_{воздуха}} \quad (19)$$

Массовая доля диоксида азота:

$$g_{NO_2} = \frac{c_{NO_2}}{\rho_{воздуха}} = \frac{4,8 \cdot 10^{-6}}{1,293} = 3,71 \cdot 10^{-6} \quad (20)$$

Массовая доля оксида углерода:

$$g_{CO} = \frac{c_{CO}}{\rho_{воздуха}} = \frac{482 \cdot 10^{-6}}{1,293} = 372,78 \cdot 10^{-6} \quad (21)$$

Массовая доля воздуха в смеси исходящих газов:

$$g_{воздуха} = 1 - g_{NO_2} - g_{CO} = 1 - 3,71 \cdot 10^{-6} - 372,78 \cdot 10^{-6} = 0,999 \quad (22)$$

Доли диоксида азота и оксида углерода ничтожно малы, поэтому принимаем, что исходящие газы будут обладать свойствами воздуха.

Определяем объемную теплоемкость газа:

$$c'_{газа} = c'_{воздуха} = \frac{c_{воздуха}}{22,4} = \frac{29,31}{22,4} = 1,3 \frac{кДж}{м^3 \cdot K} \quad (23)$$

где $c'_{газа}$ - объемная теплоемкость газа;

$c'_{воздуха}$ - объемная теплоемкость воздуха;

$c_{воздуха}$ - мольная теплоемкость воздуха;

22,4 - молярный объем газов при нормальных условиях.

Количество тепла, которое отдает газ при охлаждении:

$$Q_{газа} = V_{газа} \cdot c'_{газа} \cdot (t_{вх} - t_{вых}) \quad (24)$$

где $V_{газа}$ - объемный расход газа (1,1 м³/с из протокола анализа);

$c'_{газа}$ - объемная теплоемкость газа.

Количество тепла необходимое для нагрева грунта:

$$Q_{грунта} = M_{грунта} \cdot c'_{грунта} \cdot (t_{гр.кон} - t_{гр.нач}) \quad (25)$$

где $M_{грунта}$ - массовый расход грунта в бункере (0,5 кг/с – согласно технологии обезвреживания),

$c_{грунта}$ - удельная теплоемкость воздуха;

$t_{гр.кон}$ - конечная температура грунта,

$t_{гр.нач}$ - начальная температура грунта (принимается равной 20° С).

Теплота, отданная на нагрев грунта будет равна теплоте, отданной газом при охлаждении:

$$Q_{газа} = Q_{грунта} \quad (26)$$

Составив уравнение можем определить конечную температуру грунта:

$$t_{гр.кон} = \frac{V_{газа} \cdot c'_{газа} \cdot (t_{вх} - t_{вых})}{M_{грунта} \cdot c_{грунта}} + t_{гр.нач} \quad (27)$$

$$t_{гр.кон} = \frac{1,1 \cdot 1,3 \cdot (82 - 62)}{0,5 \cdot 2} + 20 = 48,6^\circ \text{C} \quad (28)$$

Таким образом решаются задачи утилизации тепла отходящих дымовых газов, а замазученные грунты будут поступать в барабан установки при более высокой температуре, что повлечет улучшение процесса горения и тем самым снизит экологический ущерб, наносимый выбросами отходящих дымовых газов.

Полученный положительный результат подтверждается улучшением процесса горения.

На основании проведенных расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, выбросы окислов азота снижаются на 10%, оксида углерода на 40%, серы диоксида на 8,5%, а сажа в выбросах практически отсутствует.

5 Передовые комплексы и установки для утилизации нефтесодержащих отходов

5.1 Назначение комплекса по переработке нефтешлама «Альфа Лаваль»

Установка по переработке нефтешлама предназначена для отделения из нефтешлама воды, нефтепродукта и твердых включений.

Весь комплекс установки по переработке нефтешлама включает в себя:

- узел подготовки нефтешлама (шламозаборное устройство, теплообменники, сырьевые резервуары);
- установка по переработке нефтешлама «Альфа-Лаваль» рисунок 15, 16.

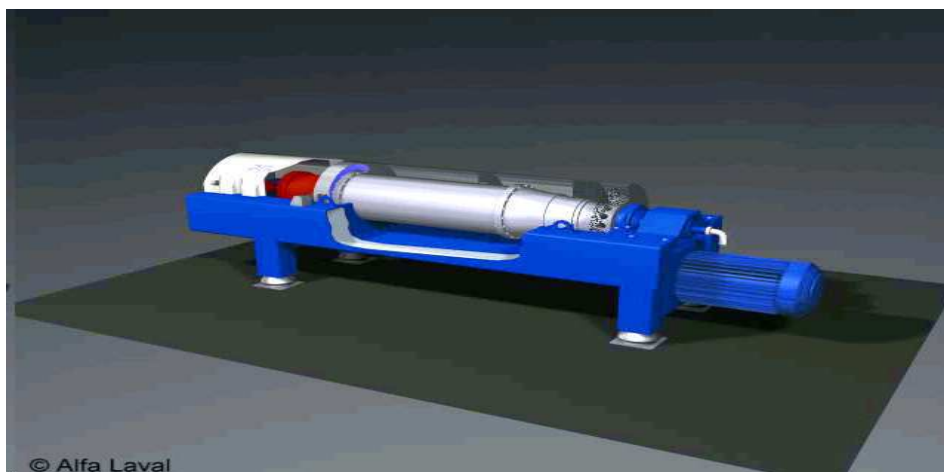


Рисунок 15 – Установка «Альфа Лаваль»

Гидравлическая производительность установки 15 м³/час. Номинальная производительность по сырью – 5 м³/час. Установка рассчитана на круглосуточный режим работы, исключая время остановок для профилактического обслуживания. Сырьем для установки является нефтешлам со шламонакопителей, осадок с сооружений механической и физико-химической очистки, нефтешлам от зачистки технологических трубопроводов, емкостного оборудования, сооружений канализации, БОВ.

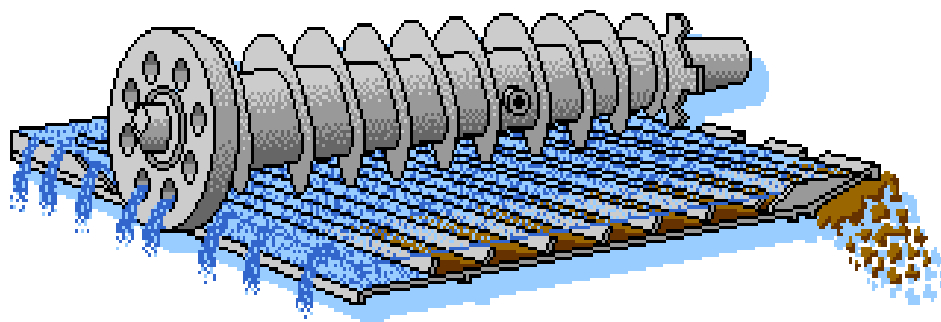


Рисунок 16 – Установка «Альфа Лаваль»

Поступающее сырье должно иметь следующие характеристики:

- содержание свободной нефти 10-45% об;
- плотность нефтяной фазы до 950 мг/л;
- вязкость нефтяной фазы до 150сСт при 50⁰С;
- содержание механических примесей до 30% об.
- плотность механических примесей 1200-2000кг/м³
- реакция среды рН 5-8.

При правильной эксплуатации установки и ее снабжении нефтешламом с номинальными характеристиками обеспечивается получение следующих продуктов переработки:

- нефтяная фаза с содержанием воды не более 1% и механических примесей не более 0,5%;
- кек с влажностью не более 70%
- сточная вода с содержанием механических примесей 200 мг\дм³ и нефтепродукта 1500 мг\дм³.

5.2 Состав сооружений, технические характеристики

В состав установки входят:

- шламозаборное устройство;
- теплообменник Т-1;
- сырьевые резервуары Р-33, Р-34;
- сырьевой насос Н-101;
- установка «Альфа -Лаваль»;
- эстакада трубопроводов.

Шламозаборное устройство – представляет собой плавающую платформу размерами 7000мм*3500мм оснащенную насосным агрегатом для перекачивания шлама со шламонакопителей. Заборные окна оборудованы наклонными сороудерживающими решетками с шагом 30 мм. Очистка полотна решетки периодическая, ручная.

В комплект заборного устройства входят:

- мостики обслуживания;
- насос со щитом управления и кнопкой аварийного отключения;
- поддон;
- лебедки ручные -2 единицы;
- трос стальной;
- кабель силовой;
- рукава гофрированные напорные подачи нефтешлама;
- трубопровод пара.

Для разогрева нефтешлама заборные решетки снабжены перфорированным паропроводом. Пар поступает через отверстия в заборную зону заборного устройства. Перемещение плавающего понтона производится при помощи ручных лебедок. Свободный конец троса крепится к якорной опоре, установленной за пределами обвалования.

Сырьевые резервуары. В сырьевых резервуарах происходит предварительная подготовка нефтешлама перед подачей на установку. В резервуар врезаны трубопроводы подачи сырья диаметром 100 мм от насоса Н-105, трубопровод диаметром 150 мм для размыва нефтешлама и трубопровод забора нефтешлама с резервуара на установку диаметром 100мм. В резервуаре происходит постоянное перемешивание сырья при помощи мешалок.

Теплообменник Т-3 кожухотрубчатый предназначен для подогрева нефтешлама до 65⁰С. Основные части теплообменника: корпус (обечайка), днище, трубчатая решетка, входные и выходные патрубки. В качестве теплоносителя используется пар П-15 с температурой 190⁰С. После теплообменника установлен прибор для замера температуры нефтешлама. Основные технические параметры теплообменника указаны в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики теплообменника Т-3

№	Основные параметры	Значения
1.	Внутренний диаметр, мм	600
2.	Внутреннее рабочее давление, МПа (кгс\см ²)	1,2 (12,0)
3	Фактическая толщина стенки, мм	6,0
4	Паспортная толщина стенки, мм	6,0
5	Материал	Ст.3
6	Температура эксплуатации, ⁰ С	от минус 30 до плюс 300
7	Емкость, л	
	- в корпусе	980
	- в трубной части	760

5.3 Описание технологической схемы

- «Старый» нефтешлам из шламонакопителей, аварийных амбаров заборным устройством, расположенным на понтоне, подается в Р-33,34. «Свежий» нефтешлам из Р-10,11,13,19 (с участка механической и физико-химической очистки) насосами Н-20(21), Н-30(31), Н-32(33) по иловой линии подается в резервуар Р-33,Р-34. После заполнения резервуара до среднего уровня, для усреднения нефтешлама по качеству путем перемешивания, включается в работу мешалка №1(2) либо насос Н-101. После заполнения резервуара Р-33(34) до максимального уровня 6,5м производится перевод на резервный резервуар, а заполненный включается в систему переработки сырья;

- Подготовленный нефтешлам с Р33(34) по линии Л1 с температурой не менее 20 градусов самотеком поступает на модуль падающих насосов, оттуда насосами РМ001и РМ002 нефтешлам подается на вибросито S001, где проходит предварительную очистку от механических примесей. Часть сырья от насосов РМ001и РМ002 по линии Л2 возвращается в резервуар Р-33,34. Нефтешлам, прошедший предварительную очистку на вибросите, поступает в буферную емкость Т002, а осадок после вибросита транспортируется конвейером СN001 в приемный контейнер.

- Из буферной емкости Т002 насосом РМ007 по Л3 нефтешлам подается в теплообменник НЕ003, где происходит подогрев нефтешлама до 50 градусов для улучшения процесса отделения механических примесей. В качестве теплоносителя на теплообменниках используется техническая вода (с противопожарного водовода) подогретая на пароводяном теплообменнике НЕ004. При достижении температуры нефтешлама в емкости Т002 50 градусов нефтешлам подается насосами РМ003 на теплообменник НЕ001А, где производится дальнейший подогрев нефтешлама. При достижении температуры нефтешлама 90 градусов насосом Р004 нефтешлам подается на декантер.

- На декантере основной объем механических примесей обезвоживается и превращается в обезвоженный кек, который разгружается в специальный контейнер. После декантера сырье попадает самотеком в промежуточную емкость T005 откуда насосом P003 подается на теплообменник HE001Ф. предварительно подогревается до температуры 90⁰С и через сдвоенный фильтр (HOTSPIN) поступает на сепаратор (FOX15).

- На основной стадии процесса переработки нефтешлама, в высокоскоростном тарельчатом сопловом сепараторе, сырье разделяется на смесь нефтяных фракций, воду и остаточные мехпримеси. Отсепарированная смесь нефтяных фракций под остаточным напором поступает в товарную емкость, расположенную в нижней части рамы сепаратора, откуда насосом P-220.1 подаётся в нефтеотделители Н-3 или Н-4. Вода с остаточным нефтепродуктом поступает в товарную ёмкость, расположенную в нижней части рамы сепаратора, откуда насосом P-222.1 подаётся в промежуточную емкость T003. Насосом P-005 из ёмкости Т-003 откачивается в канализацию или на Р 17/2.

- Установка по переработке нефтешлама управляется с двух электрических панелей управления, установленных в операторной. Главная панель (панель управления системы нефтешлама) - SOS обеспечивает полный контроль и управления всем технологическим процессом. Панель управления FOX обеспечивает управление сепарационным модулем FOX15. Между этими двумя панелями производится обмен сигналами. Обе панели управления оборудованы графическим интерфейсом с кнопочной панелью.

5.4 Нормы технологического режима

Нормы технологического режима приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Нормы технологического режима

№	Наименование стадий процесса,	Единицы	Допускаемые
---	-------------------------------	---------	-------------

	показатели режима	измерения	пределы технологических параметров
1	Расчетное давление установки	кПа	1000
2	Температура окружающей среды	°С	от 5 до 40
3	Плотность механических примесей	Кг/м³	1200-2000
4	Гидравлический расход	МЗ	от 5 до 15

Окончание таблицы 9

5	Температура технологической жидкости на входе	°С	от 0 до 98
6	Показатели входа нефтешлама на сепаратор: - расход - максимальная температура - давление	л/час °С кПа	5000 98 200-300
7	Показатели для входа воды: - расход - температура - давление	л/час °С кПа	10000 98 600
8	Выход для нефтепродукта - расход - максимальная температура - давление	л/час °С кПа	5000 98 0-540
9	Выход для нефтешлама - расход - максимальная температура - давление	л/час °С кПа	5000 98 200-300
10	Отсепарированная вода - расход - максимальная температура - давление	л/час гр.С кПа	10000 98 0-540
11	Подпиточная вода - расход	л/час	10000

	- максимальная температура - давление	⁰ С кПа	98 300-350
--	--	-----------------------	---------------

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия занимает первое место в мире по добыче нефти, но при этом обращение с нефтесодержащими отходами и сегодня находится на уровне экологической ответственности неандертальца. Однако положительные сдвиги есть в области создания технологий и оборудования переработки нефтесодержащих отходов [6].

Отдельную проблему представляют многочисленные проливы, шламовые амбары и прочие места несанкционированного хранения нефтесодержащих отходов. Нехватка специализированных полигонов отходов и отсутствие до недавнего времени эффективного оборудования для переработки нефтешламов заставляли предприятия хранить их на своей территории и соответственно платить за негативное воздействие на окружающую среду.

Термические способы обезвреживания нефтесодержащих отходов включают в себя технологическое сжигание и пиролиз. Инсинерация нефтешламов является одним из выходов из положения, однако требует организации эффективной системы газоочистки, так как при сжигании образуются загрязняющие вещества, в том числе оксиды тяжелых металлов.

Применение установок позволяет снизить загрязнение окружающей среды по сравнению с обычным открытым сжиганием, но ненамного. Так же используемая технология позволяет обезвредить отходы, однако, получаемый продукт не находит дальнейшего применения (зола, как правило, подлежит дальнейшему захоронению как обезвреженный материал). Кроме того,

технология характеризуется повышенным потреблением энергетических ресурсов, поскольку на переработку направляются обводненные нефтеотходы. Многокомпонентный и неоднородный состав отходов, отсутствие их предварительной подготовки приводит к неравномерному распределению составляющих, что в конечном итоге оказывает влияние на физико-химические процессы при обжиге и качественные показатели готового продукта. Тем самым, интерес представляет совершенствование технологии термического обезвреживания нефтегрунта и нефтесодержащих шламов с получением экологически безопасных продуктов, пригодных к использованию в строительстве в качестве заполнителей, в дорожной промышленности для подсыпки дорог или для рекультивации земель [8].

И такая технология, характеризующаяся высокой экономичностью и эффективностью, недавно появилась в России – это установка термической деструкции УТД-2.

Наиболее перспективным методом утилизации нефтешламов представляется пиролиз, так как с его помощью нефтешламы не уничтожаются, а перерабатываются в синтетическую нефть и пиролизный газ, который служит топливом для работы самой установки.

Возможно, повсеместное внедрение подобных установок является радикальным решением одной из самых болевших проблем нефтегазовой отрасли, а именно проблемы шламовых амбаров и незаконного хранения отходов нефтедобычи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Чусов, А. И. Обезвреживание нефтешламов термическим методом / А.И. Чусов, Д.С. Чернов // Экология производства – 2012. - №3 – с. 78-83
- 2) Бобович, Б.Б. Комплексная утилизация нефтесодержащих отходов / Б.Б. Бобович, Г.Г. Новаков, А.А. Гусев // ЭКиП: Экология и промышленность России – 2013. - №7. – с. 30-33.
- 3) Танатаров, М.А. Опыт утилизации нефтешламов ЛПДС "Черкаск". Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения: Мат. конф. / М.А. Танатаров. - Уфа, 1996. – 218 с.
- 4) Наедин, А.Ф. Пути решения проблемы утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов / А.Ф. Наедин // Энергия: экономика, техника, экология – 2012. - №7. – с. 42-44.
- 5) Баширов, В.В. Техника и технология поэтапного удаления и переработки амбарных шламов: учебное пособие / В.В. Баширов. - Москва, 1992. – 431с.
- 6) Сметанин, В.Л. Обработка нефтешламов: Тез. Докл. 27 науч.-техн. Конф. Пермского политехнического института. Ч.2. / В.Л. Сметанин, З.В. Казначеева. - Пермь, 1991. – 543с.
- 7) Позднышев Г.Н. Извлечение нефти из замазученных грунтов: Тез. Докл. Всесоюзной конф. по проблемам комплексного освоения природных битумов и высоковязких нефтей / Г.Н. Позднышев, Л.М. Сергеева. - Казань, 1991. – 102с.

8) Бобович, Б.Б. Переработка отходов производства и потребления: Справочное издание / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. – Москва, 2000. – 496с.

9) Ноздря, В.И. Опыт практической реализации комплексного подхода к обращению с отходами бурения в регионах Крайнего Севера / В.И. Ноздря // Нефть. Газ. Новации – 2014. - №9. – с. 80-82.

10) Шишков А.Г. Новые технологические решения для переработки нефтешламов в нефтегазовом секторе России / А.Г. Шишков //ЭКиП: Экология и промышленность России – 2012. - №9. – с. 14 – 17.

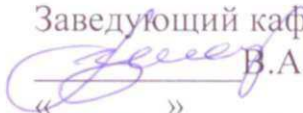
11) Управление промышленными и особо опасными отходами: монография / Т.А. Кулагина, А.И. Матюшенко, С.В. Комонов, **Е.Н.Писарева** [и др.]; под ред. А.И. Матюшенко. – М.; Смоленск: Изд-во «Маджента», 2010. – 480 с.

12) Суржикова Р.В, **Зайцева Е.Н.** Анализ углеродсодержащих отходов для предприятий нефтеперерабатывающей отрасли. Техносферная безопасность в XXI веке Сборник научных трудов магистрантов, аспирантов и молодых ученых. VII Всероссийская научно-практическая конференция / под редакцией профессора С.С.Тимофеевой. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – с. 314 – 317.

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кулагин
«___» _____ 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение эффективности сжигания нефтесодержащих отходов»

13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

13.04.01.01 «Энергетика теплотехнологий»

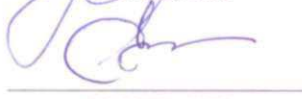
Научный руководитель:


подпись, дата

д.т.н., профессор

Т.А. Кулагина

Студент


подпись, дата

Е.Н.Зайцева

Рецензент:


подпись, дата

к.т.н, доцент

Е.П. Грищенко

Красноярск 2018